



LABORATÓRIO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

IEE0004 - APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Aula – 06

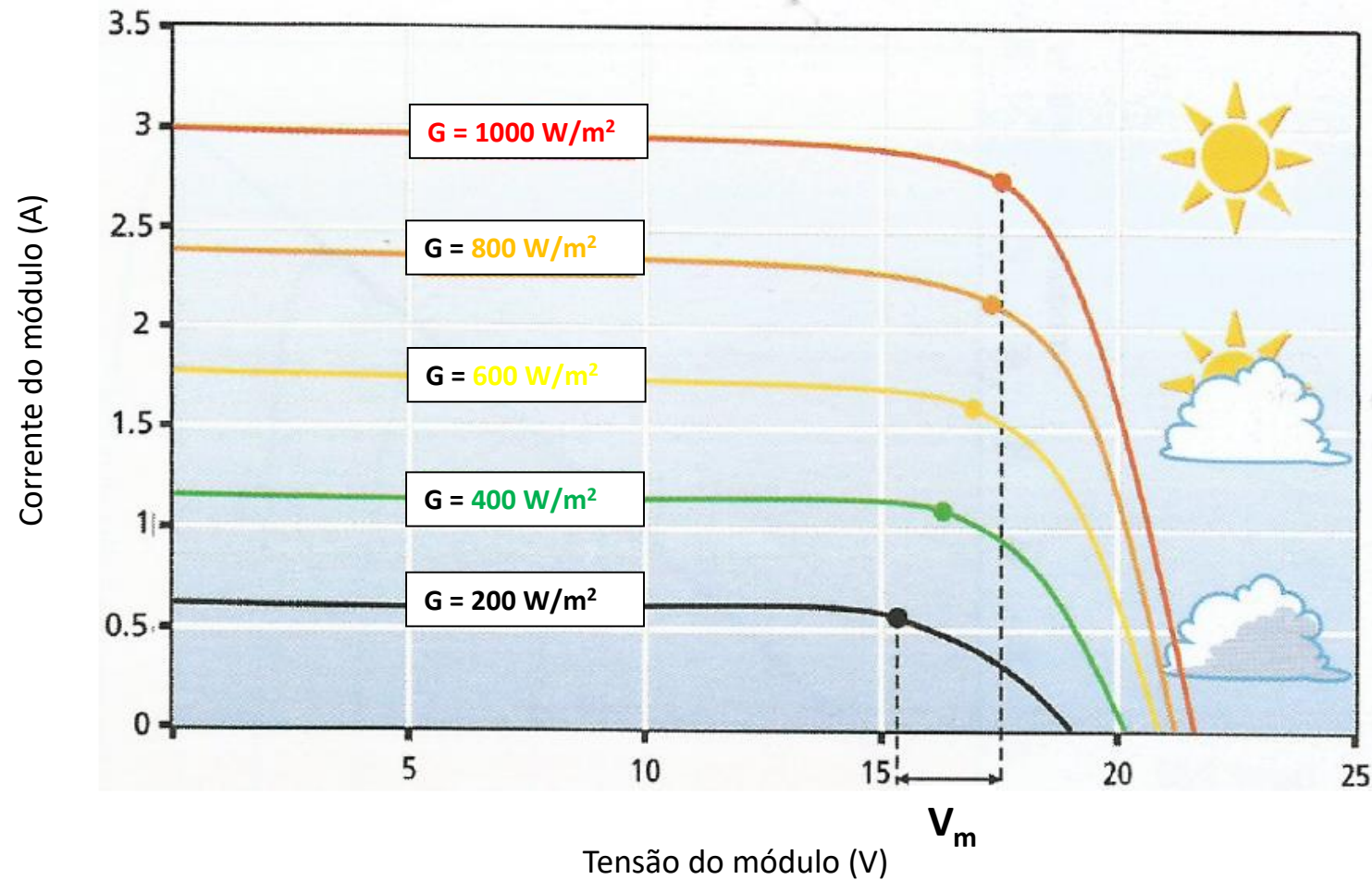
Componentes de um sistema fotovoltaico

Acumuladores de Energia

Roberto Zilles
zilles@iee.usp.br

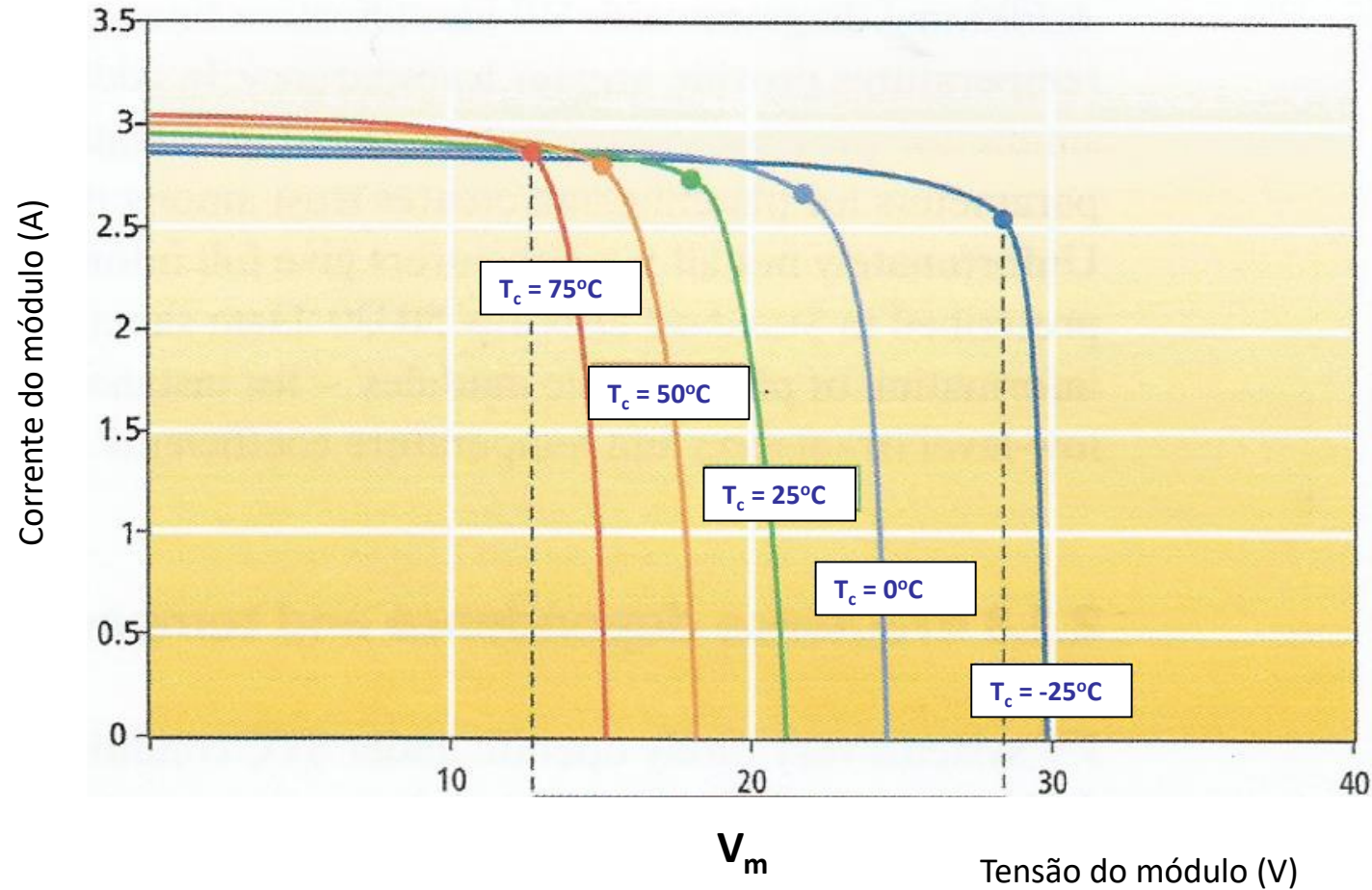
Características Elétricas

Influência da irradiância: Baixos níveis de irradiância reduzem a corrente gerada sem causar prejuízo tão considerável à tensão



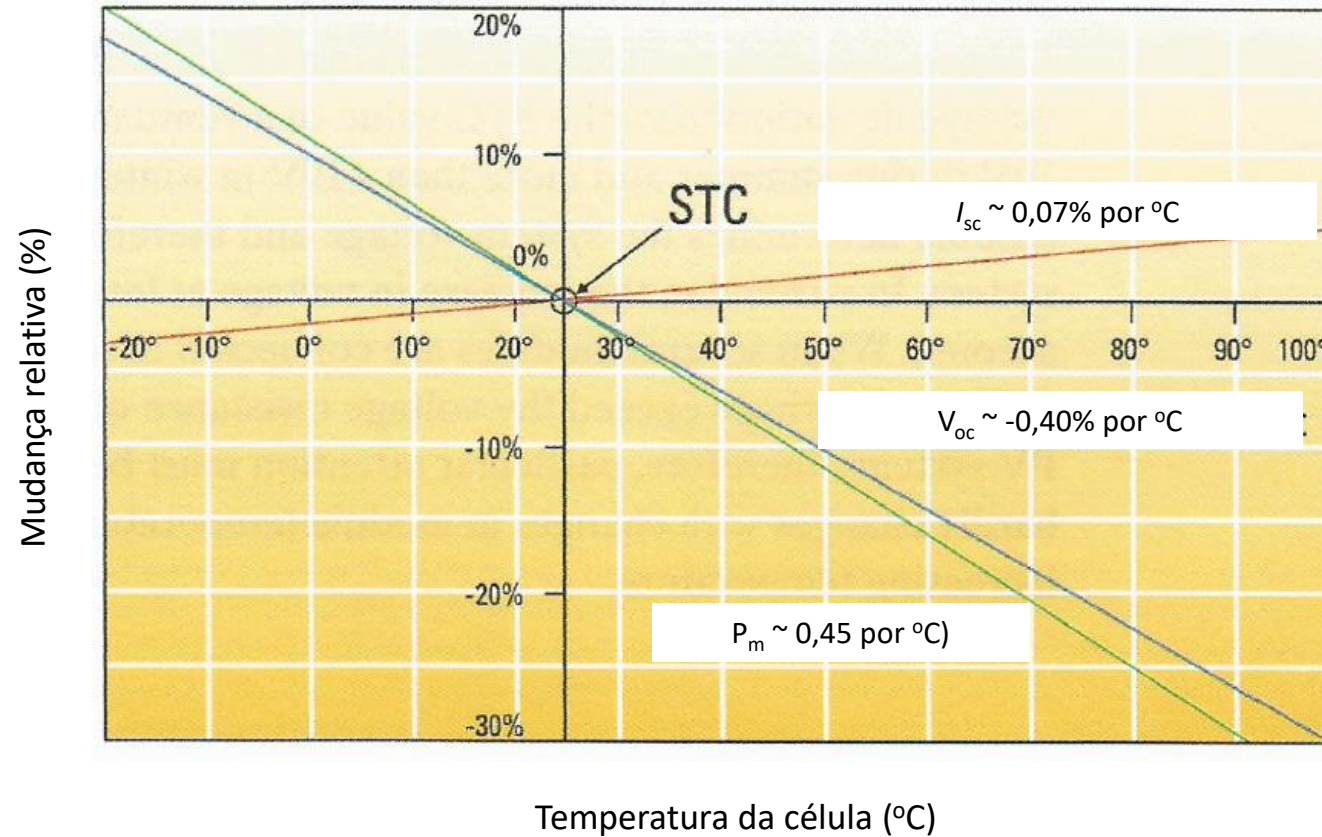
Características Elétricas

Influência da temperatura: altos valores de temperatura da célula reduzem a tensão em maiores proporções que aumentam a corrente

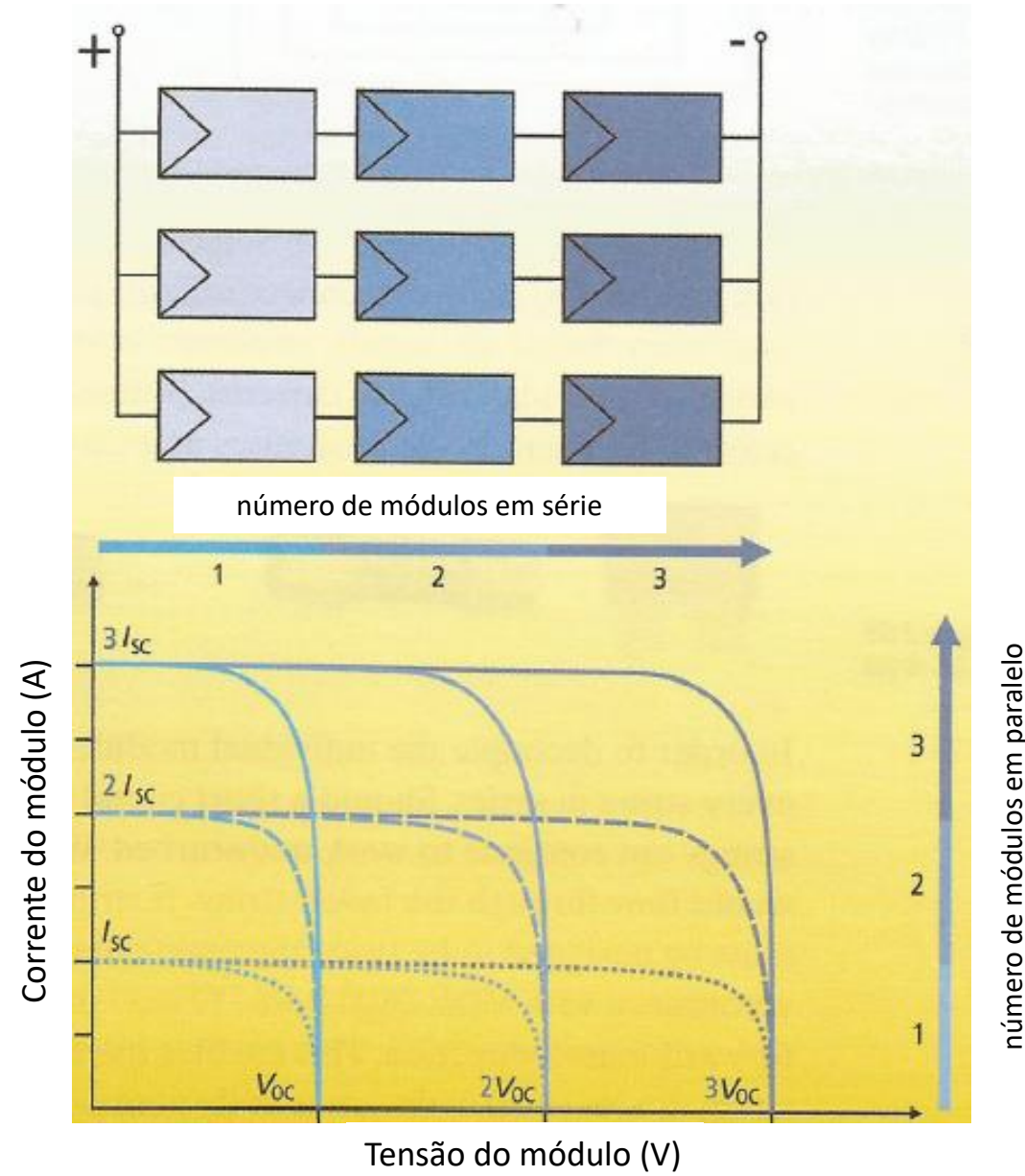


Características Elétricas

Influência da temperatura: Potência, Tensão de circuito aberto, Corrente de curto circuito



Associação Série e Paralela



MÓDULO FOTOVOLTAICO POLICRISTALINO S140P



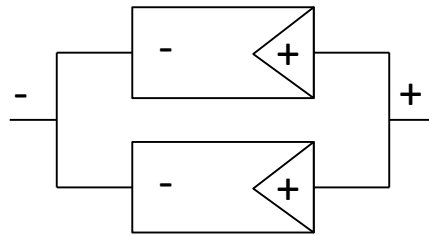
Especificações Elétricas		
Modelo		S 140 P
Potência nominal	P. máx.(W)	140
Tolerância	%	+/- 5
Tensão em Máx. Potência	V _m (V)	18,36
Corrente em Máx. Potência	I _m (A)	7,65
Tensão de Circuito Aberto	V _{oc} (V)	21,96
Corrente de Curto Circuito	I _{sc} (A)	8,17
Máxima Tensão do Sistema	VDC	750V
Eficiência de Célula	%	15,8
Eficiência de Módulo	%	13,9
Número de Células	Uds	36
Tipo de Célula		Silício Policristalino
Tamanho de Célula	mm	156 x 156
Temperature coefficient of I _{sc}	%/°C	+ 0.05
Temperature coefficient of V _{oc}	%/°C	- 0.34
Temperature coefficient of power	%/°C	- 0.5
NOCT (Nominal operating cell temperature)	°C	47 +/- 2
Temperatura de Operação	°C	- 40 ~ + 85
Especificações Mecânicas		
Dimensões	mm	1480 x 680 x 35
Peso	kg	11,6
Caixa de Junção		IP 65
Tipo de Cabo, Diâmetro		certificado TUV, 4 mm ² , 900 mm
Connector		compatível tipo MC4
Cobertura		Vidro temperado 3.2mm, alta transmissiv., baixo teor de ferro

Aplicações da Energia Solar Fotovoltaica

1) Fazer um diagrama de um gerador fotovoltaico 280 Wp, constituído por dois módulos fotovoltaicos Policristalino S140P conectados em paralelo.

1.a) Determinar as seguintes características elétricas, Voc, Isc, e Pm, desse gerador fotovoltaico nas condições padrão de medida.

1.b) Determinar as seguintes características elétricas, Voc, Isc, e Pm, desse gerador fotovoltaico para a condição de irradiância de 1000 W/m² e temperatura de célula de 55 °C.



$$\beta = -0,34\%/^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = +0,05\%/^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma = -0,50\%/^{\circ}\text{C}$$

S140P Condições padrão

Voc	21,96 V
Isc	8,17 A
Pm	140 W

2(dois) S140P (paralelo) Condições padrão

Voc	21,96 V
Isc	16,34 A
Pm	280 W

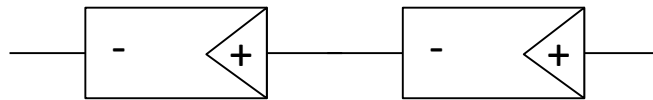
2(dois) S140P (paralelo) Tc = 55 °C

Voc	↓ -10,2%	19,72 V
Isc	↑ +1,5%	16,58 A
Pm	↓ -15,0%	238 W

2) Fazer um diagrama de um gerador fotovoltaico 280 Wp, constituído por dois módulos fotovoltaicos Policristalino S140P conectados em série.

2.a) Determinar as seguintes características elétricas, V_{oc} , I_{sc} e P_m , desse gerador fotovoltaico nas condições padrão de medida.

2.b) Determinar as seguintes características elétricas, V_{oc} , I_{sc} , e P_m , desse gerador fotovoltaico para a condição de irradiância de 1000 W/m^2 e temperatura de célula de $55 \text{ }^\circ\text{C}$.



$$\beta = -0,34\%/^\circ\text{C}$$

$$\alpha = +0,05\%/^\circ\text{C}$$

$$\gamma = -0,50\%/^\circ\text{C}$$

S140P Condições padrão	
V_{oc}	21,96 V
I_{sc}	8,17 A
P_m	140 W

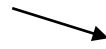
2(dois) S140P (série) Condições padrão

V_{oc}	43,92 V
I_{sc}	8,17 A
P_m	280W

2(dois) S140P (série) $T_c = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

V_{oc}	↓ -10,2%	39,44 V
I_{sc}	↑ +1,5%	8,29 A
P_m	↓ -15,0%	238 W

Leitura



CAPÍTULO 4 – COMPONENTES BÁSICOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.1 – Módulos fotovoltaicos

4.1.1 – Características construtivas dos módulos fotovoltaicos

4.1.2 – Características elétricas dos módulos

4.1.3 – Fatores que afetam as características elétricas dos módulos

4.1.3.1 – Efeito da irradiância solar

4.1.3.2 – Efeito da temperatura

4.1.3.3 – Temperatura nominal de operação

4.1.4 – Identificação das características elétricas dos módulos

4.1.4.1 – Registro Inmetro

4.1.5 – Caixa de conexões

4.1.6 – Terminais

4.1.7 – Módulos fotovoltaicos com microinversores integrados

4.2 – Associação de módulos fotovoltaicos

4.2.1 – Módulos fotovoltaicos conectados em série

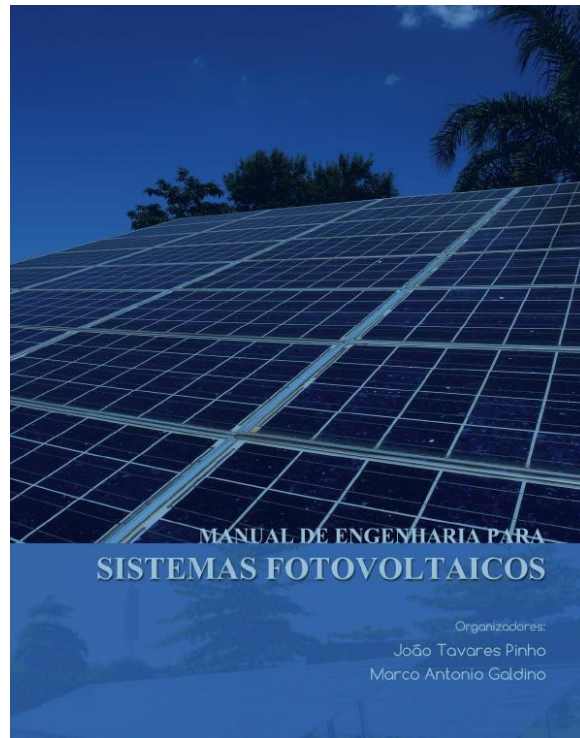
4.2.2 – Módulos fotovoltaicos conectados em paralelo

4.2.3 – Efeitos de sombreamento

4.2.4 – Diodo de desvio (*by-pass*)

4.2.5 – Diodo de bloqueio

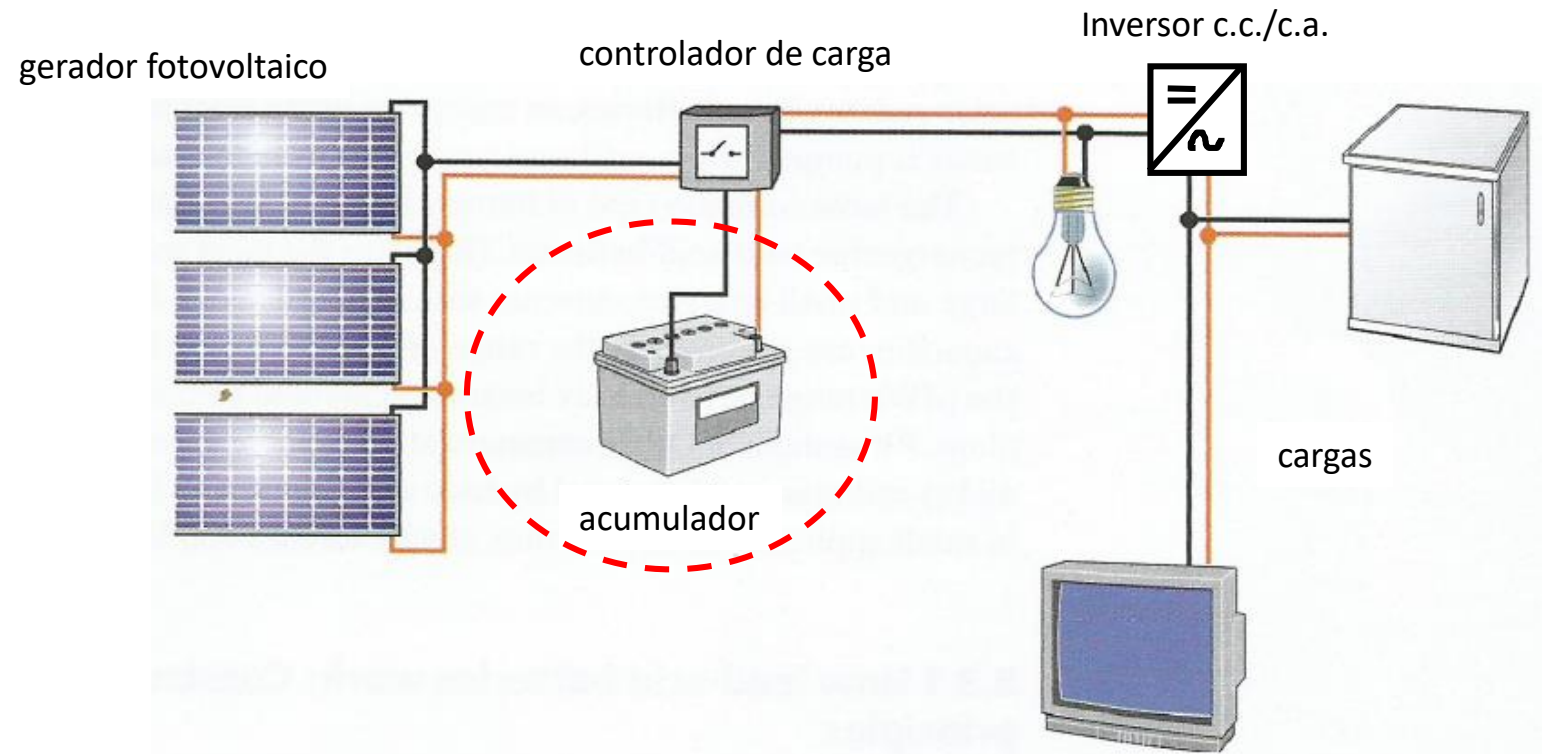
4.2.6 – Fusíveis de proteção da série fotovoltaica



Aula – 06
Componentes de um sistema fotovoltaico

Acumuladores de Energia

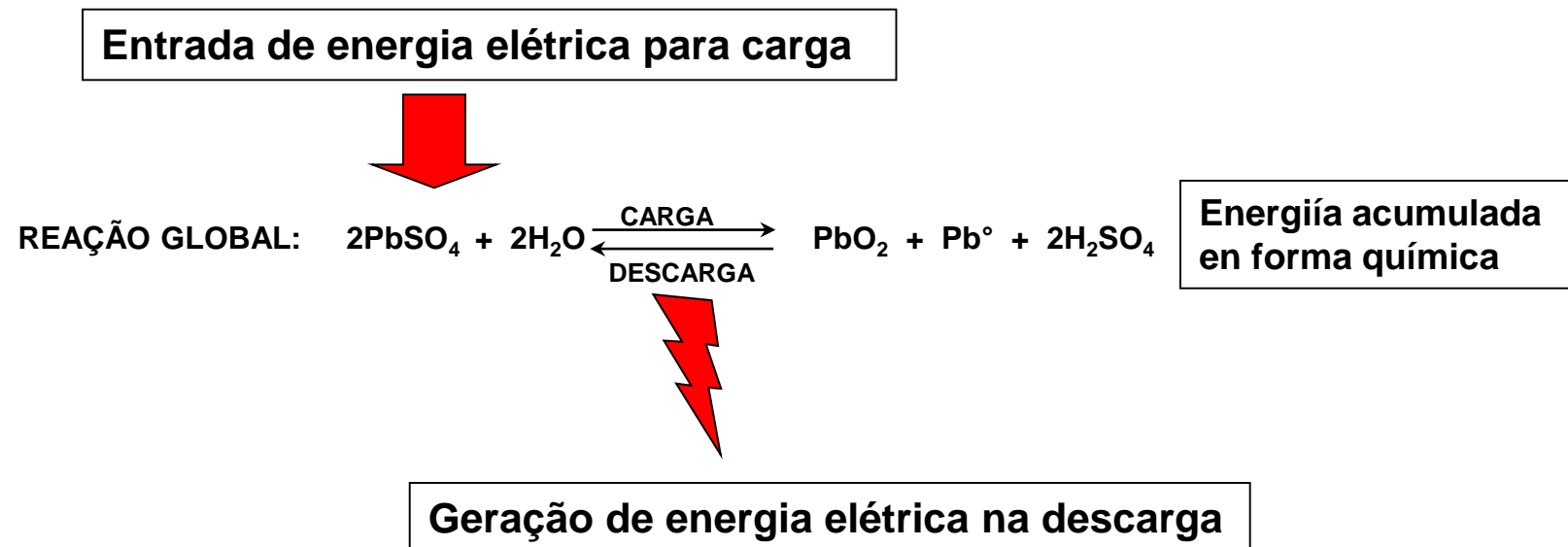
Sistemas fotovoltaico autônomo



O que é um acumulador de Pb-ácido:

Dispositivo ou sistema capaz de transformar energia química em elétrica e vice-versa, em reações quase completamente reversíveis, destinado a armazenar sobre a forma de energia química a energia elétrica que lhe tenha sido fornecida, restituindo a mesma em condições determinadas.

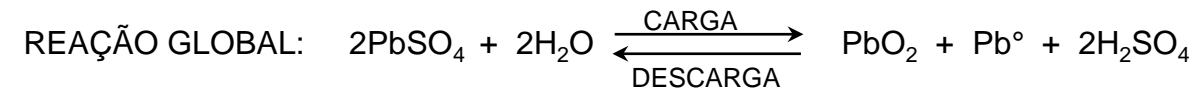
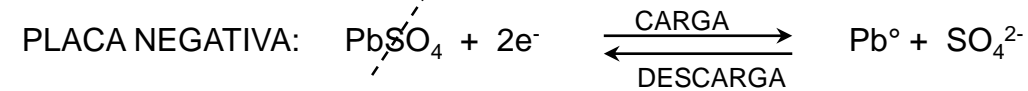
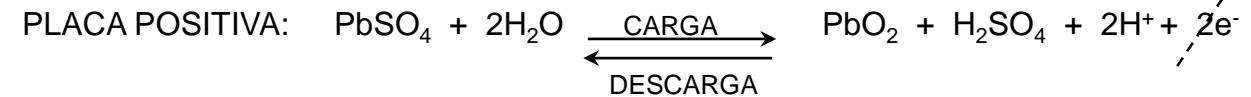
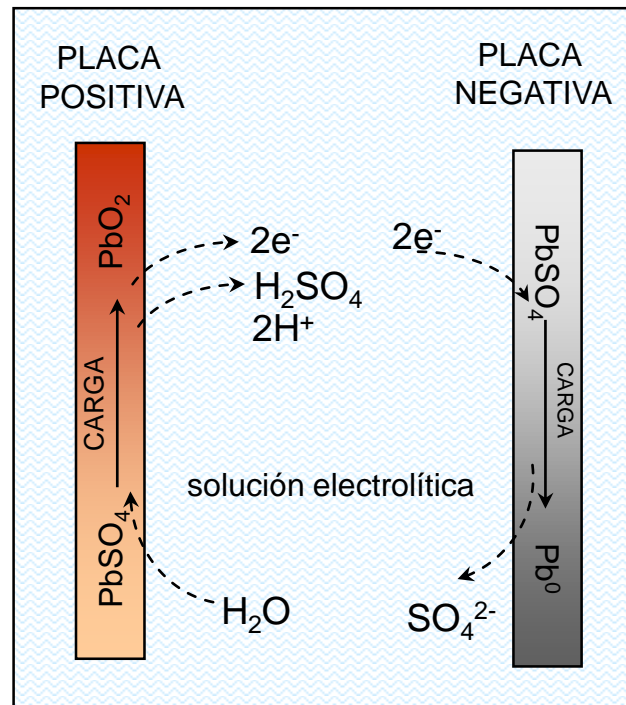
O acumulador Pb-ácido tem como material ativo o Chumbo e seus compostos e como eletrólito, a solução de ácido sulfúrico



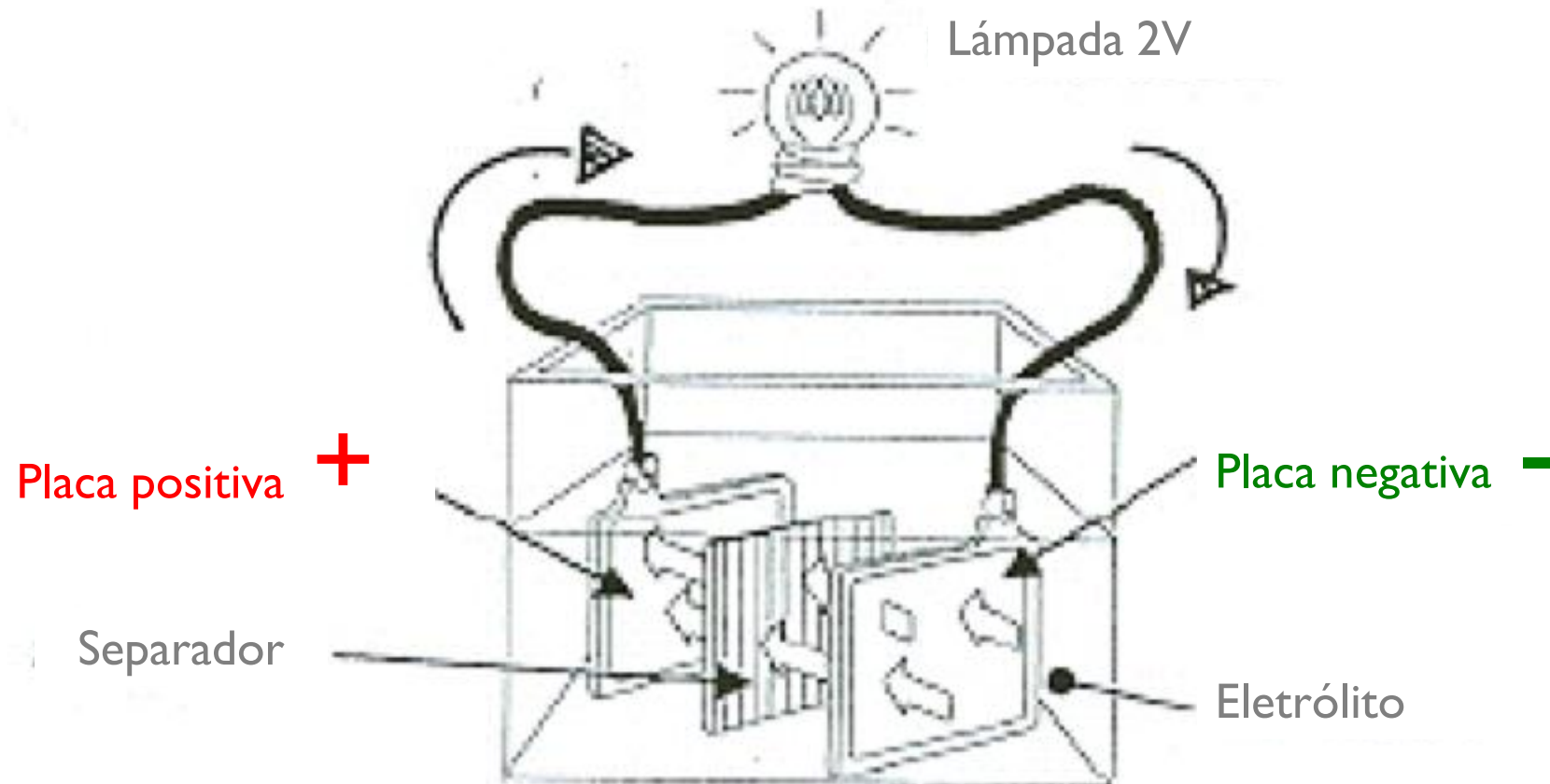
As equações abaixo representam as reações eletroquímicas durante o processo de carga de uma bateria Pb-ácido.

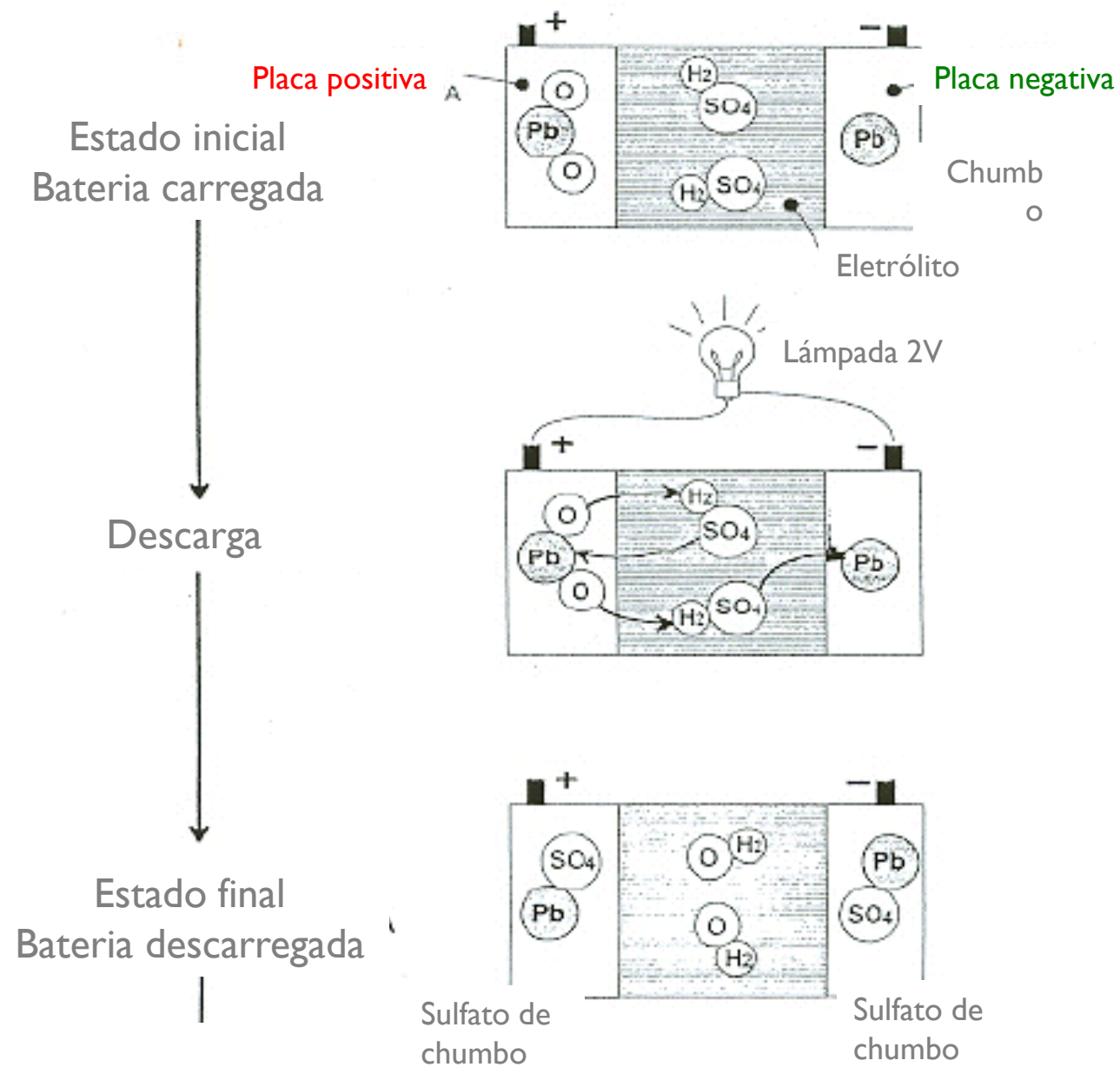
Na placa positiva ocorre a formação de dióxido de Chumbo (PbO₂) y na placa negativa a formação de Chumbo metálico (Pb).

No processo de carga, os íons sulfato (SO₄²⁻) são liberados das placas para a solução, formando-se o ácido sulfúrico (H₂SO₄), já no processo de descarga, a reação ocorre no sentido inverso.

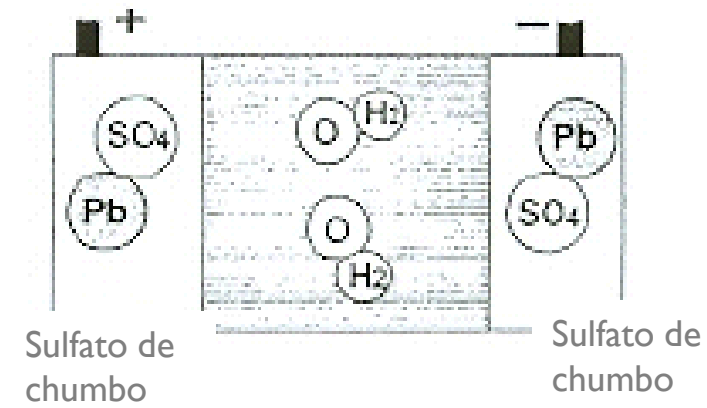


Baterias de Pb-ácido



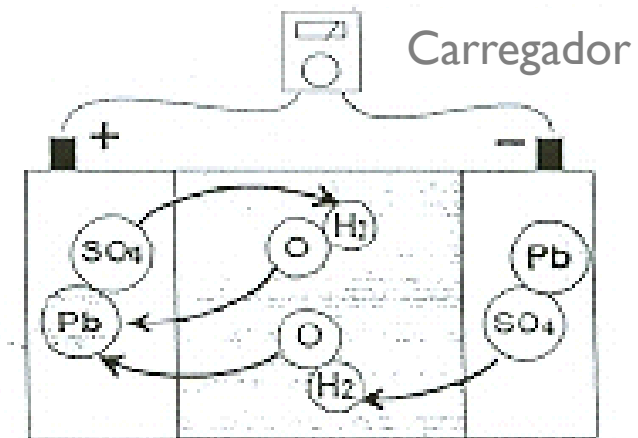


↓
Estado final
Bateria descarregada



↓
Carregamento

↓
Volta ao Estado inicial



TIPOS DE ACUMULADORES CHUMBO-ÁCIDO:

1) **VENTILADOS** (ou eletrólito fluido): A solução sulfúrica se encontra na forma fluida nos vasos. Este tipo de acumulador é o mais comum no mercado.

2) **VRLA**: Baterias reguladas por válvula, podendo ser:

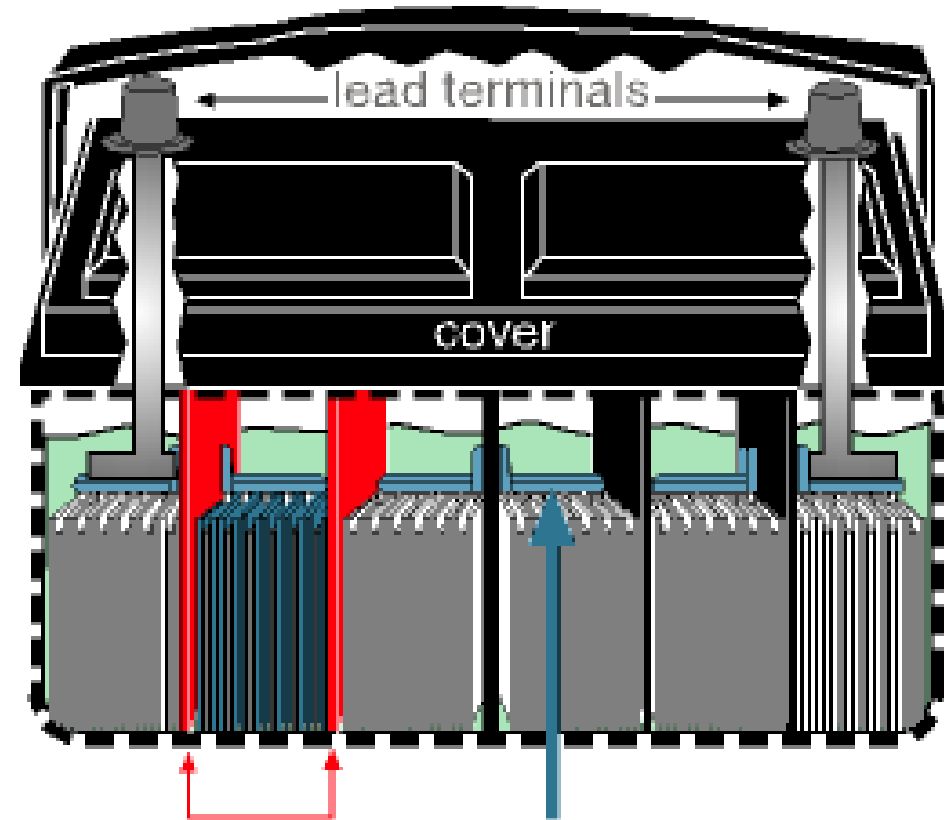
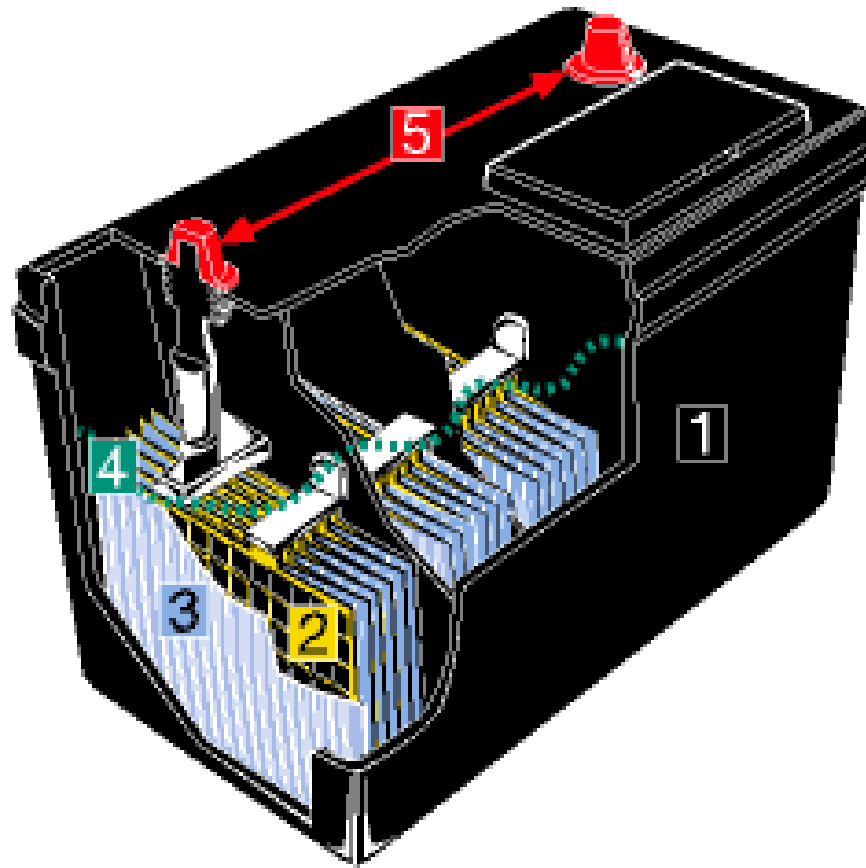
- AGM: Eletrólito está retido em manta de vidro
- Gel: Eletrólito está retido na forma de gel

Ocorre recombinação dos gases no interior da bateria

APLICAÇÕES DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO:

- 1) AUTOMOTIVA: Projeto dedicado a arranque, ou seja, para fornecimento de alta corrente em intervalos de tempo pequenos (normalmente segundos)
- 2) ESTACIONÁRIA: Projeto dedicado para fornecer energia elétrica quando há falta de energia, geralmente descargas longas com baixa corrente, e evento esporádico.
- 3) TRACIONÁRIA: Projeto dedicado para desempenho em alta profundidade de descarga, bateria fornecendo energia para movimentos mecânicos
- 4) FOTOVOLTAICA: Projeto dedicado para descarga diárias intermitentes, sendo que a fonte de energia de recarga é solar. É considerada uma bateria de aplicação ciclada.

Baterias de Pb-ácido convencionais



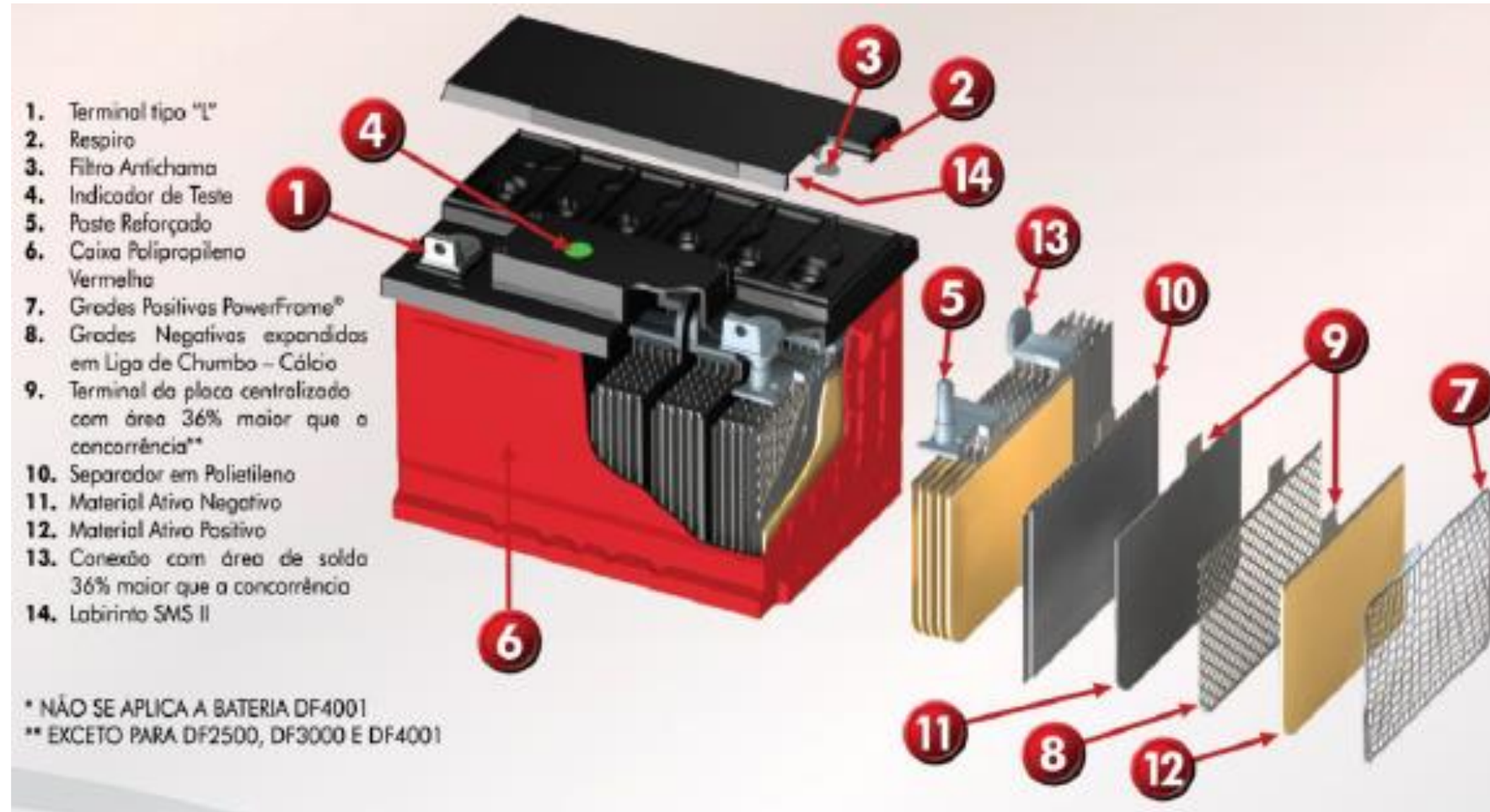
Célula:
Placas POSITIVA
e NEGATIVA
com separadores

As **Células** estão
conectadas entre si

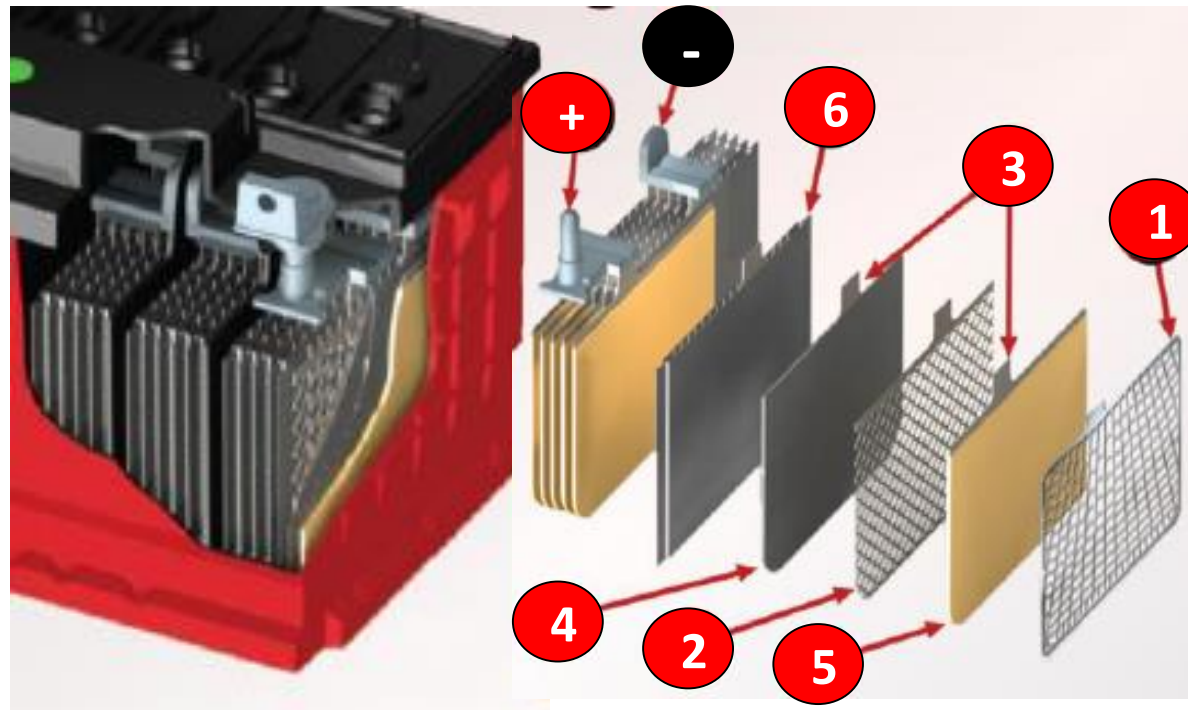
Fuente:  Johnson
Controls

Baterias de Pb-ácido placas planas convencionais (úmidas)

DETALHAMENTO DA BATERIA FREEDOM – Johnson Controls

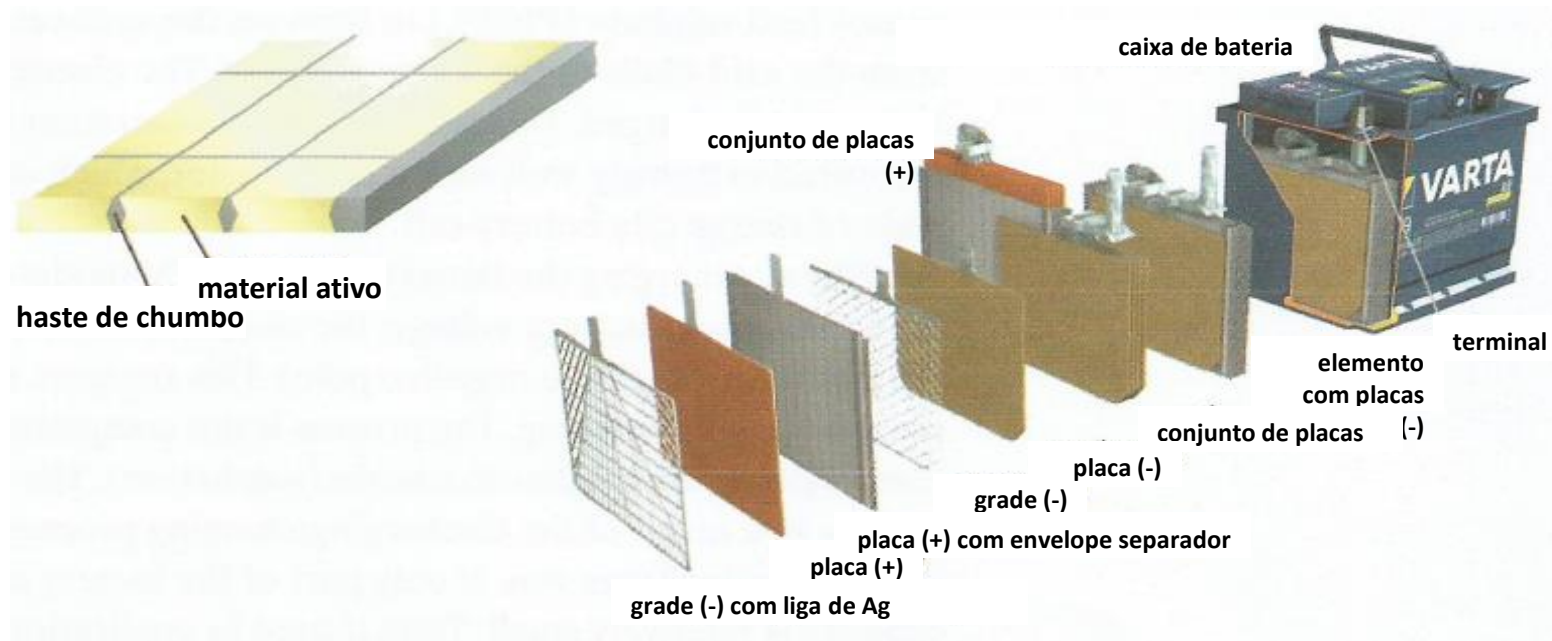
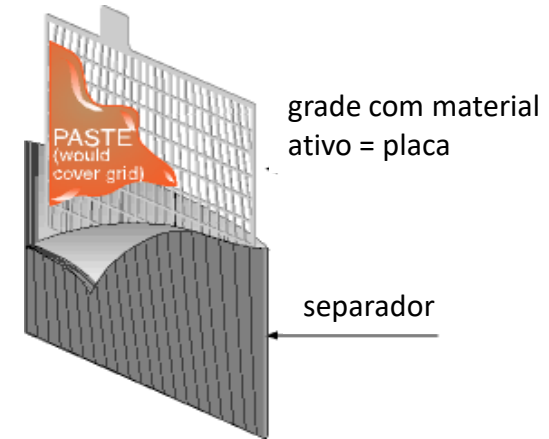
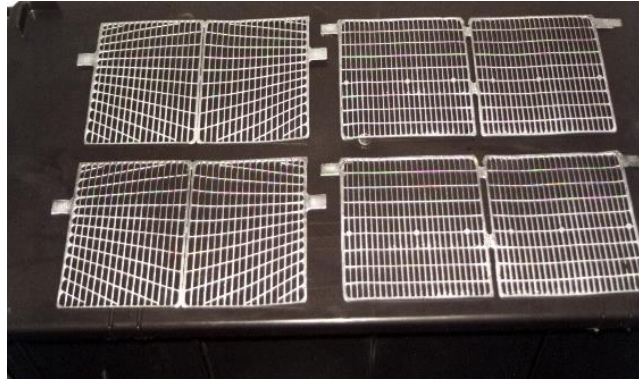


Baterias de Pb-ácido placas planas convencionais (úmidas)

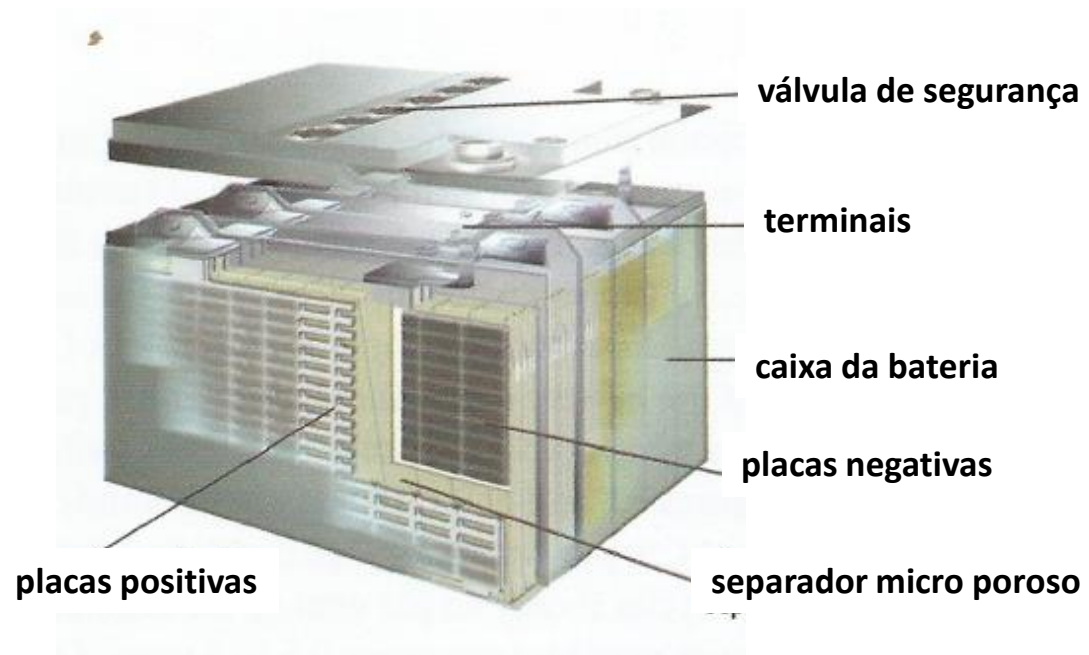


- 1 – grade da placa positiva
- 2 – grade da placa negativa
- 3 – terminais das placas positivas e negativas
- 4 – placa negativa (grades com material ativo Pb)
- 5 – placa positiva (grades com material ativo PbO₂)
- 6 – separador micro poroso (polietileno)

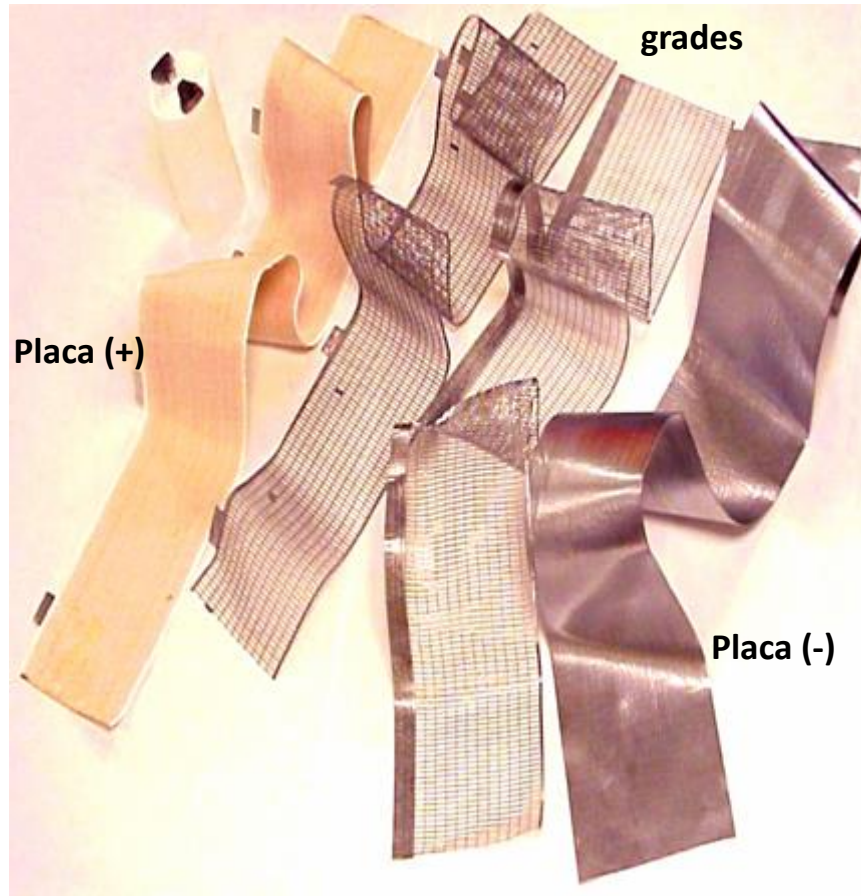
Baterias de Pb-ácido placas planas convencionais (úmidas)



Baterias de Pb-ácido placas planas convencionais (gel)



Baterias de Pb-ácido placas não convencionais (gel)

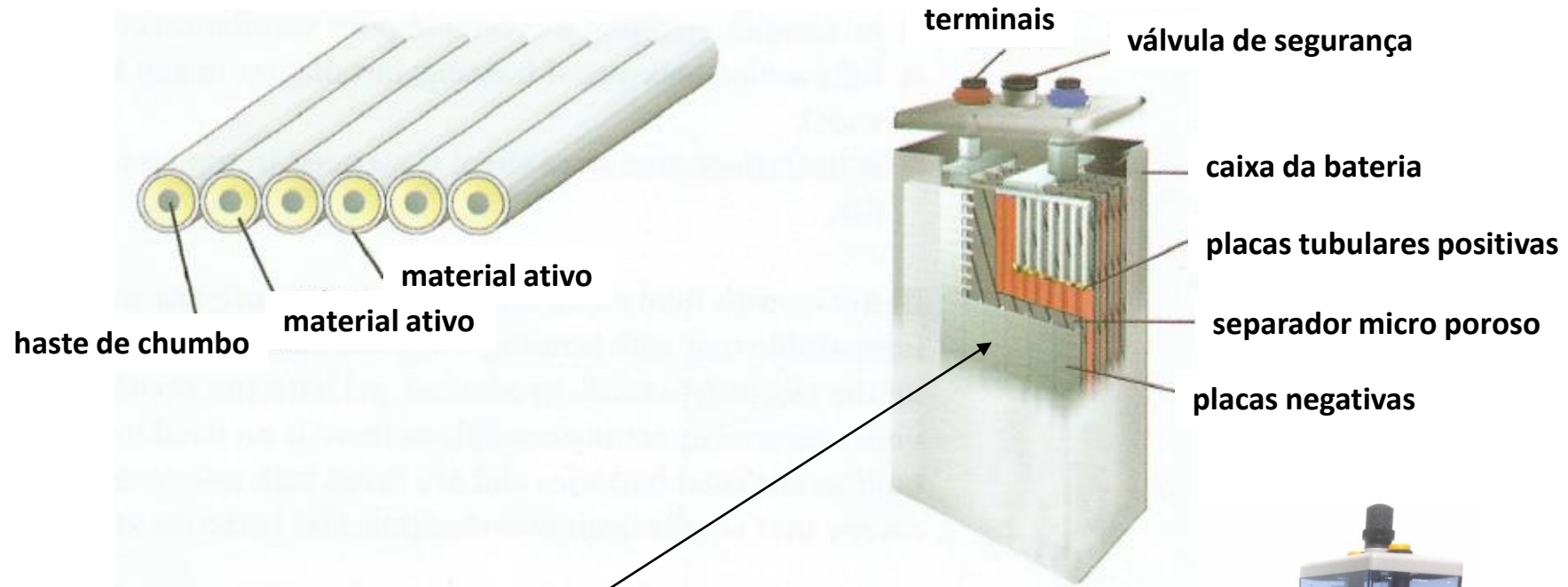


OPTIMA (nome comercial)



12V/75Ah

Baterias de Pb-ácido placas tubulares (tipo OPzS e OPzV)



OPzV (*Ortsfeste Panzerplatte Verschlossen*, Placa tubular estacionária selada)

OPzS (*Ortsfeste Panzerplatte Spezial*, Placa tubular estacionária especial)



Baterias OPzS



Características Elétricas

Tensão nominal → Volts

Capacidade → Ah ou Wh [V x Ah]

Eficiência nos ciclos de carga e descarga → 85% para níveis de carga e descarga de SFA

Estado de Carga → %

Profundidade de descarga = $1 - \text{Estado de Carga}$

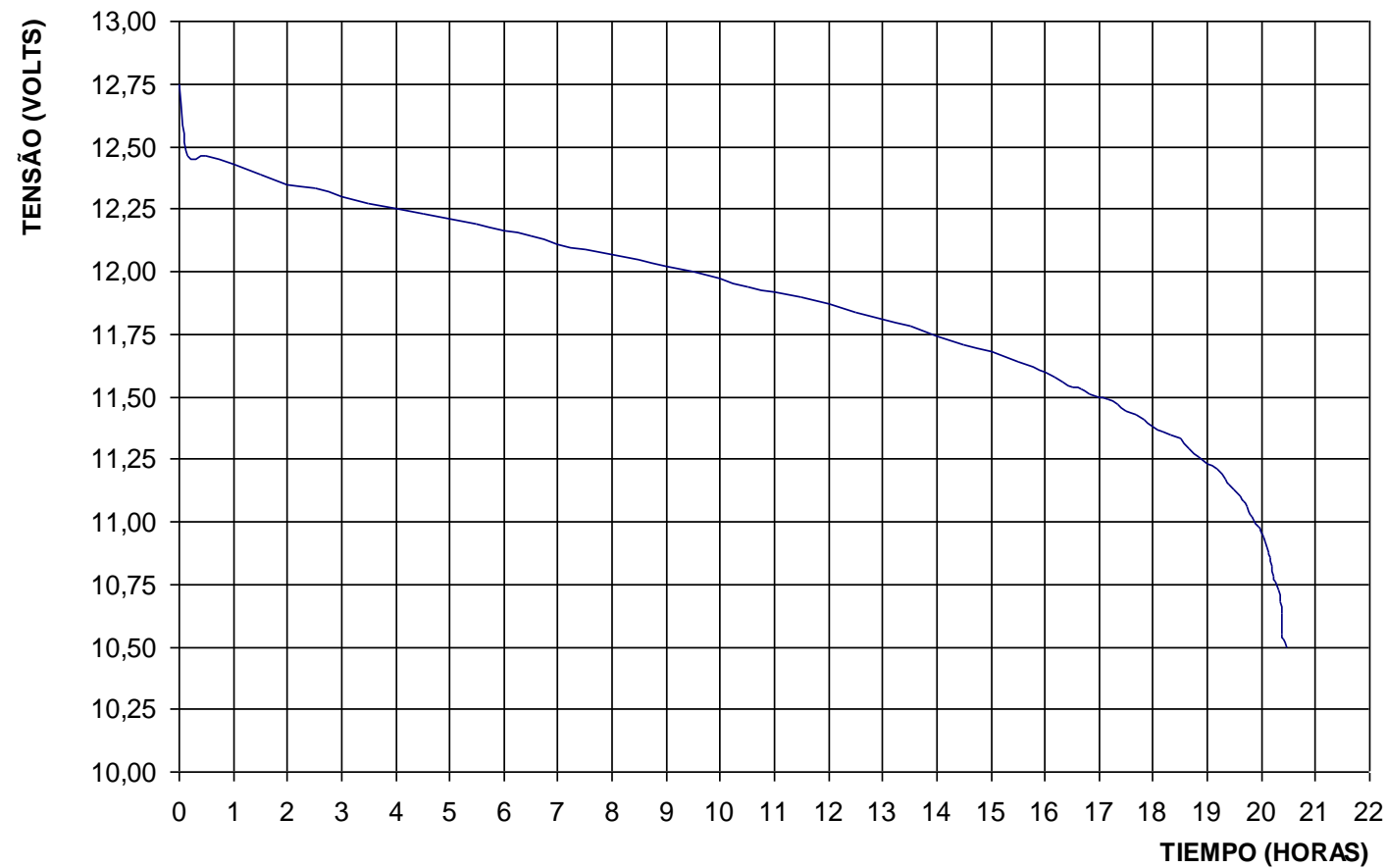
Números de ciclos a uma determinada profundidade de descarga

CURVA TÍPICA DE UM TESTE DE CAPACIDADE

Exemplo : Capacidade em 20 horas,

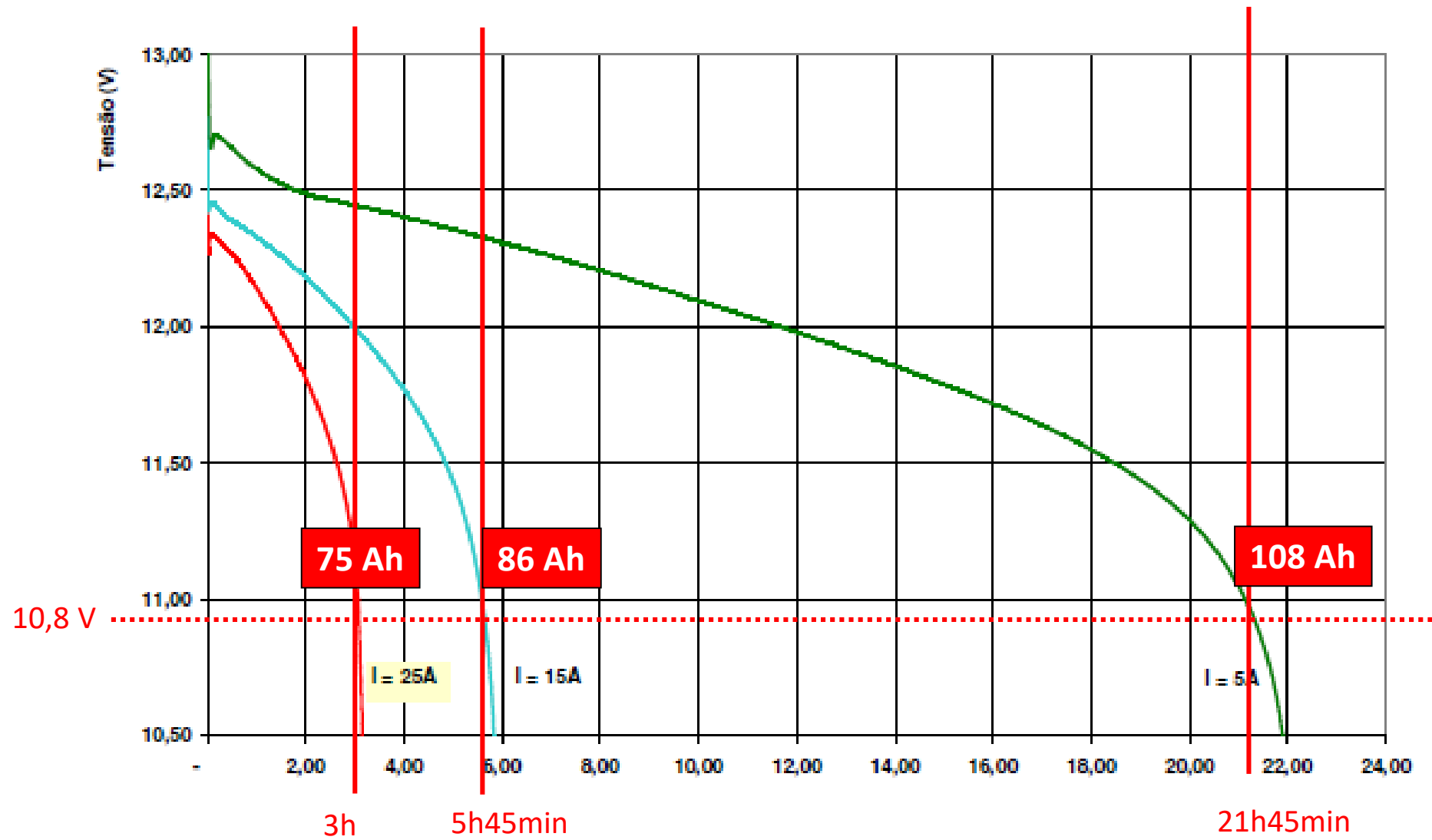
Descarga com corrente constante de 5 A até tensão final de 10,8V

CAPACIDAD EN 20 HORAS

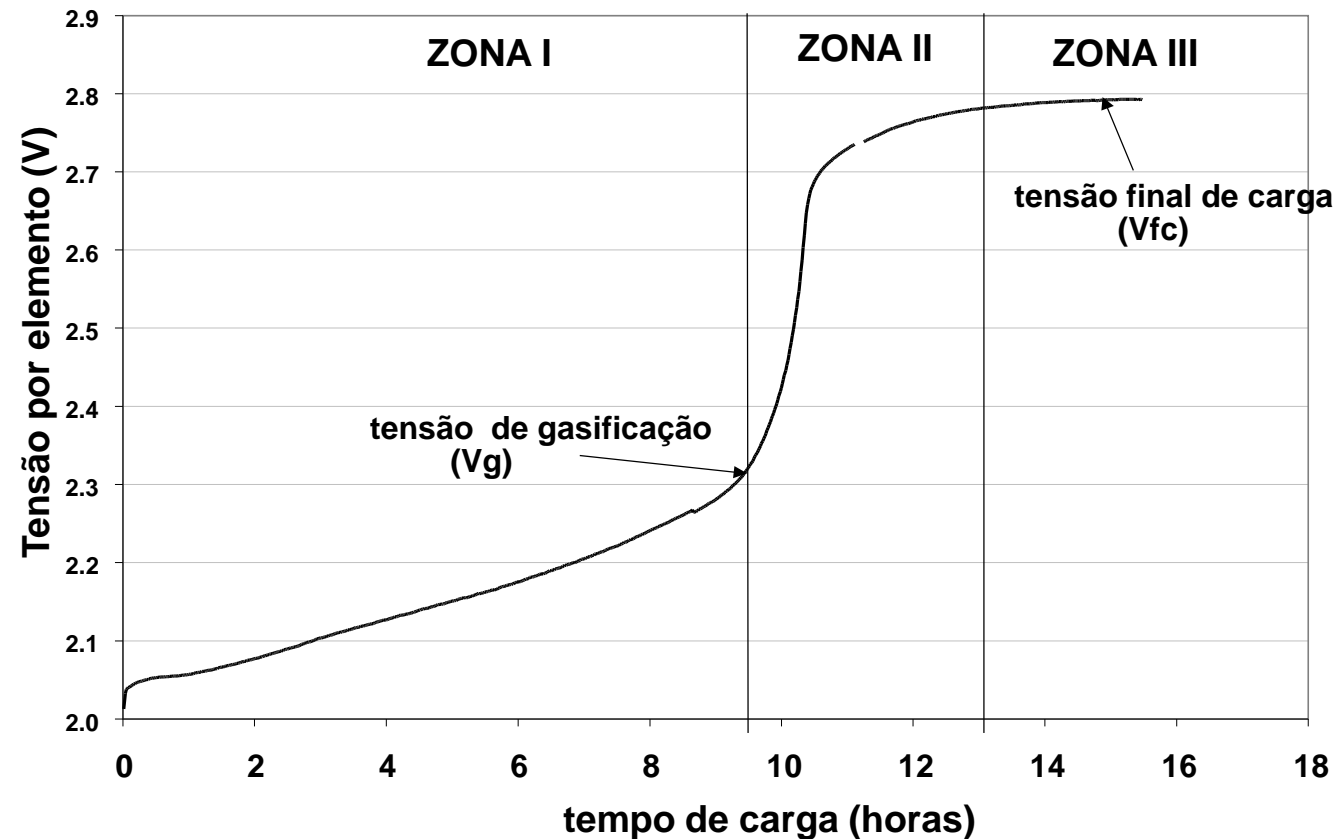


DF2000:

CURVAS DE DESCARGA - CORRENTE CONSTANTE - DF2000

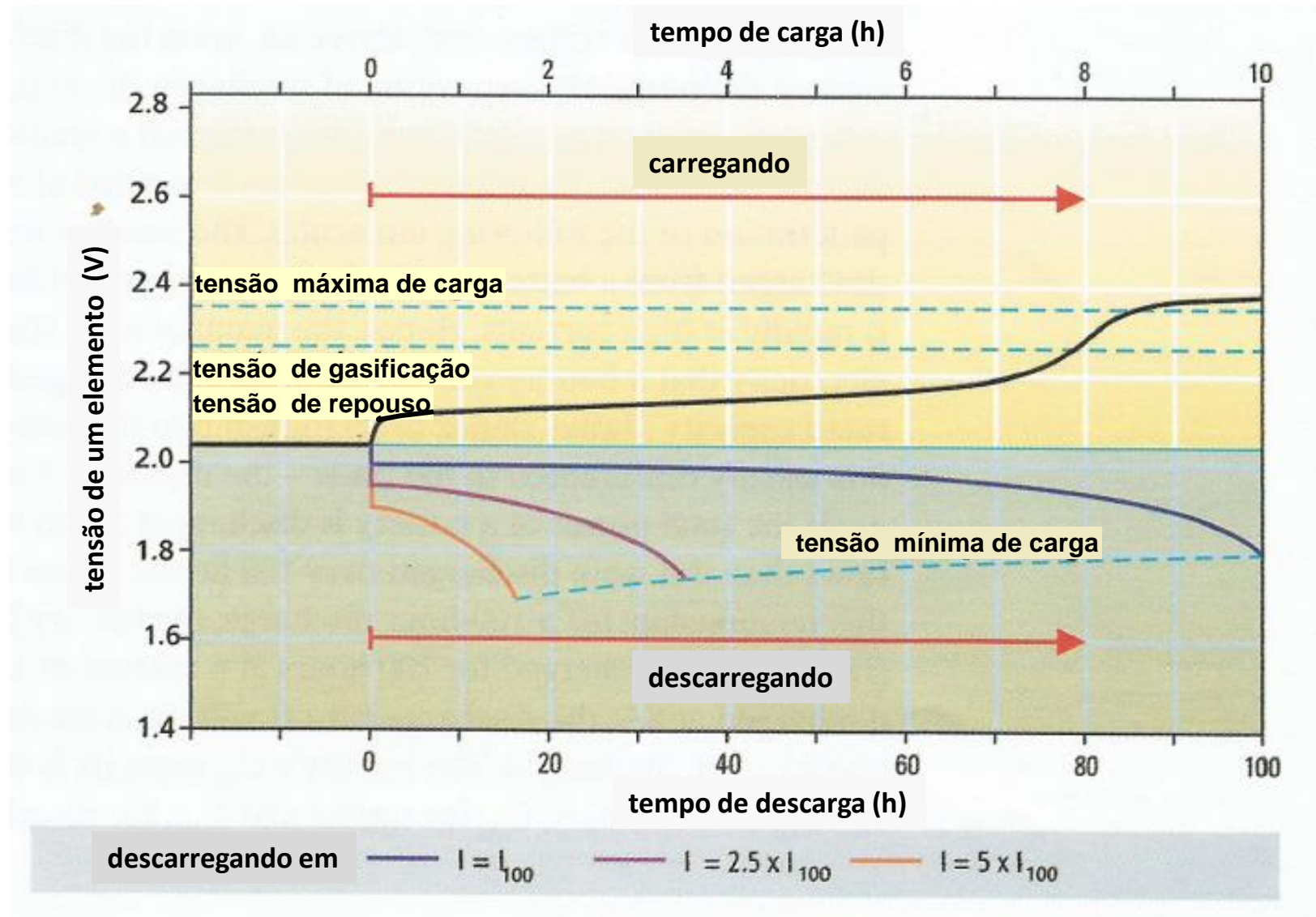


A evolução da voltagem de uma bateria de Pb-ácido durante um processo de carga realizada a corrente constante e a uma temperatura determinada

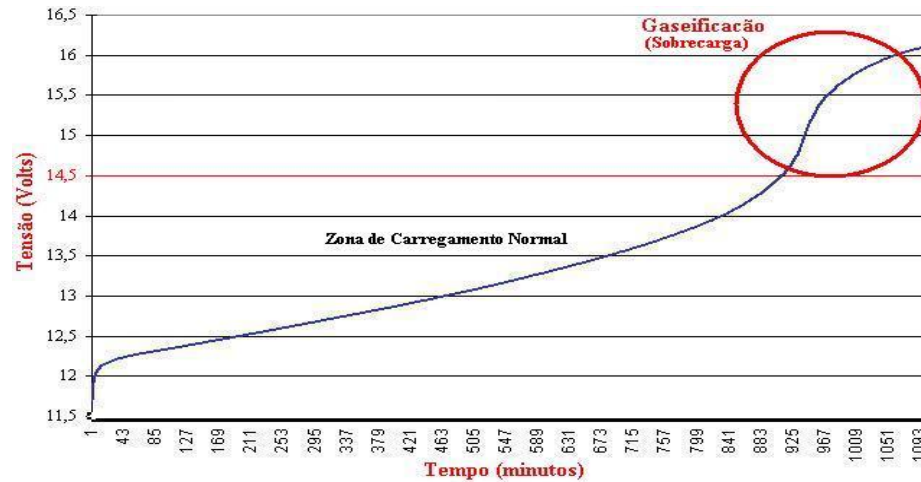


Curva de carga típica de uma bateria de Pb-ácido

Evolução da voltagem de uma bateria de Pb-ácido durante processos de carga e descarga

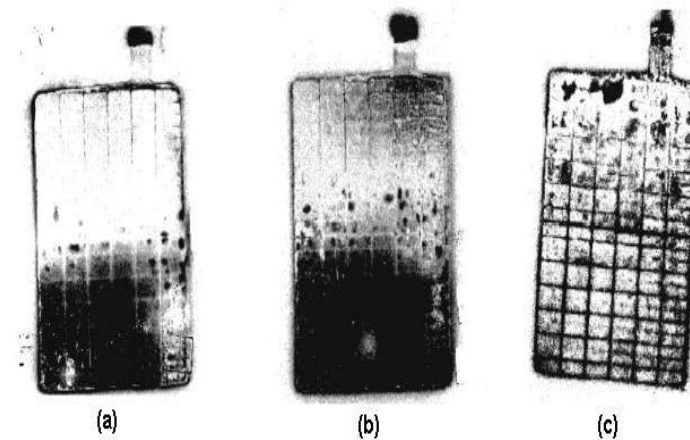


A IMPORTANCIA DOS PONTOS DE AJUSTE POR TENSÃO



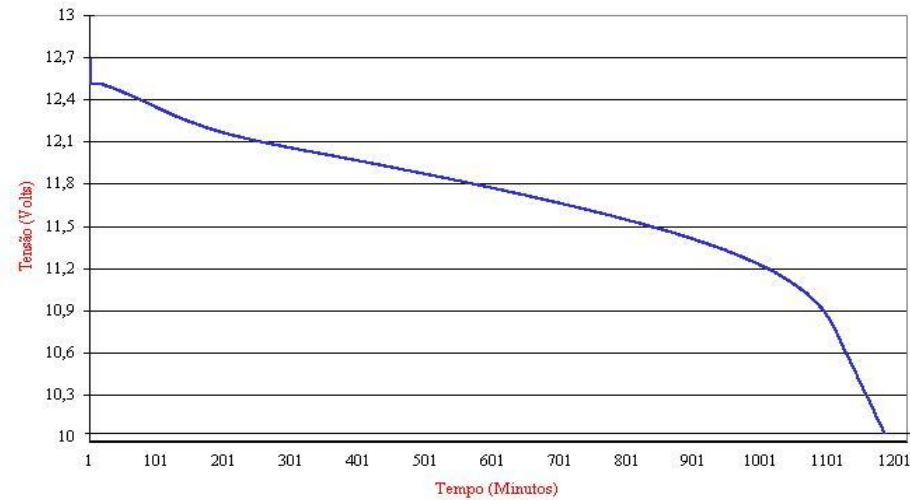
✓ EFEITOS SOBRECARGA

- ✓ Positivo – Equalização
- ✓ Negativos – Perda d água
 - Perda de Matéria Ativa
 - Perda Eficiência
 - Corrosão
 - Estratificação



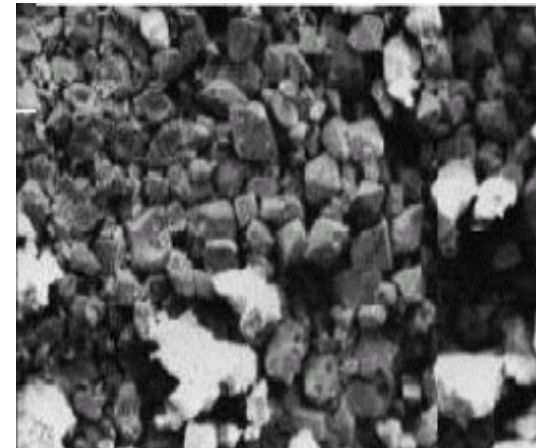
Fonte: MATTERA et al. (2003)

A IMPORTANCIA DOS PONTOS DE AJUSTE POR TENSÃO



EFEITOS DESCARGA PROFUNDA

- ✓ Negativos – Estratificação
 - Sulfatação
 - Perda Matéria Ativa
 - Perda Capacidade



Fonte: MATTERA et al. (2003)

Seleção do banco de baterias



Modelo	Tensão nominal (V)	Capacidade a 25°C (Ah) / 1,75Vpe		
		C3	C10	C20
12MF26	12	20,0	24	26
12MF30	12	22,3	27	30
12MF30A	12	22,3	27	30
12MF36	12	26,0	34	36
12MF36A	12	26,0	34	36
12MF45	12	33,9	41	45
12MF45A	12	33,9	41	45
12MF55	12	41,2	50	55
12MF63	12	43,0	55	63
12MF75A	12	56,0	68	75
12MF80	12	64,0	74	80
12MF100	12	74,3	90	100
12MF105	12	78,2	95	105
12MF150	12	103,4	135	150
12MF170	12	121,0	153	170
12MF175	12	125,2	160	175
12MF180	12	132,0	162	180
12MF180A	12	132,0	162	180
12MF200	12	147,0	180	200
12MF220	12	166,9	200	220



Modelo	C ₁₀	C ₂₀	C ₁₀₀
DF1000	56Ah	60Ah	70Ah
DF1500	80Ah	86Ah	90Ah
DF2000	95Ah	100Ah	115Ah
DF3000	160Ah	170Ah	185Ah

$$E [\text{Wh}] = V \times \text{Ah}$$



$$E [\text{Wh}] = 12\text{V} \times 200\text{Ah}$$

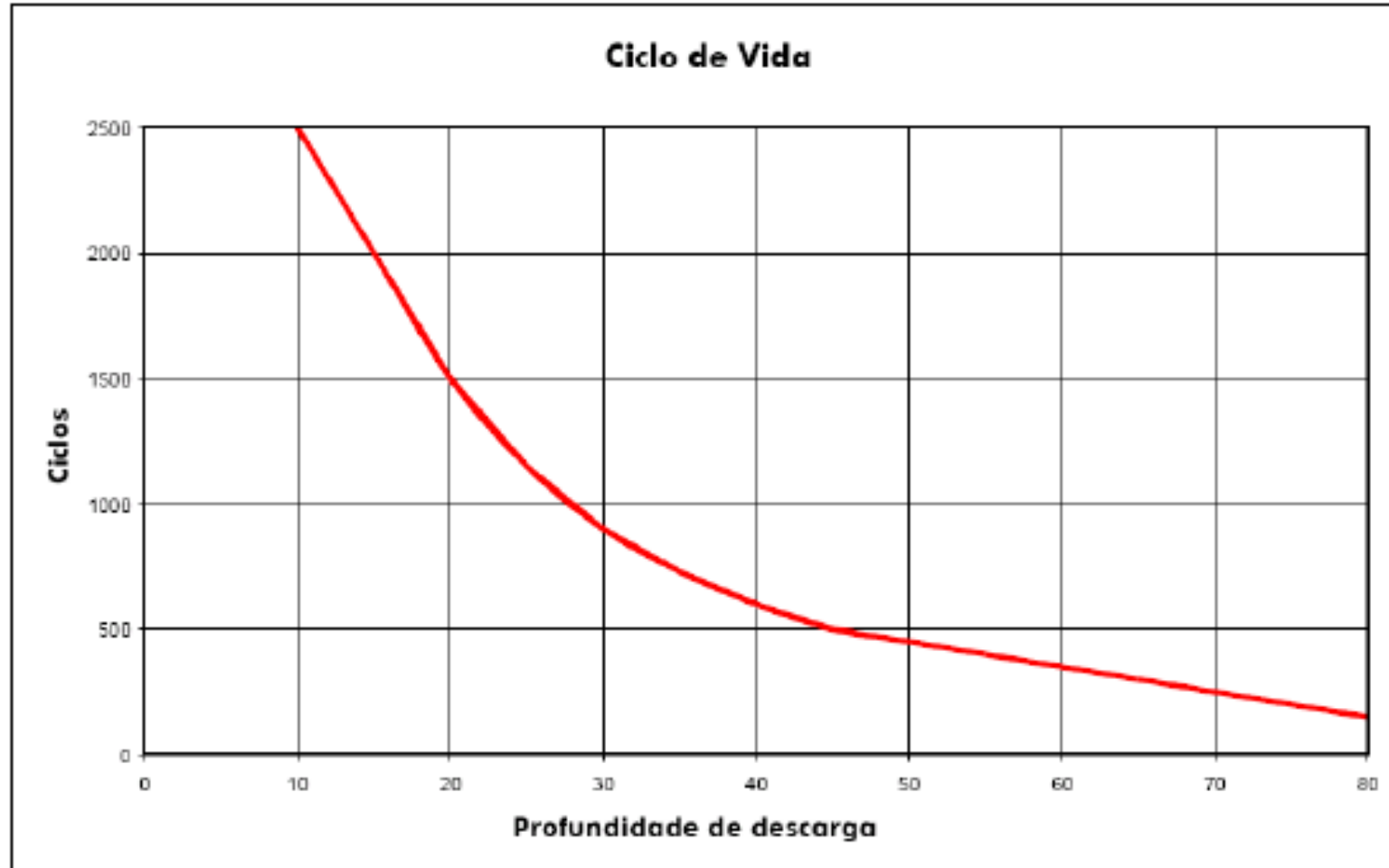


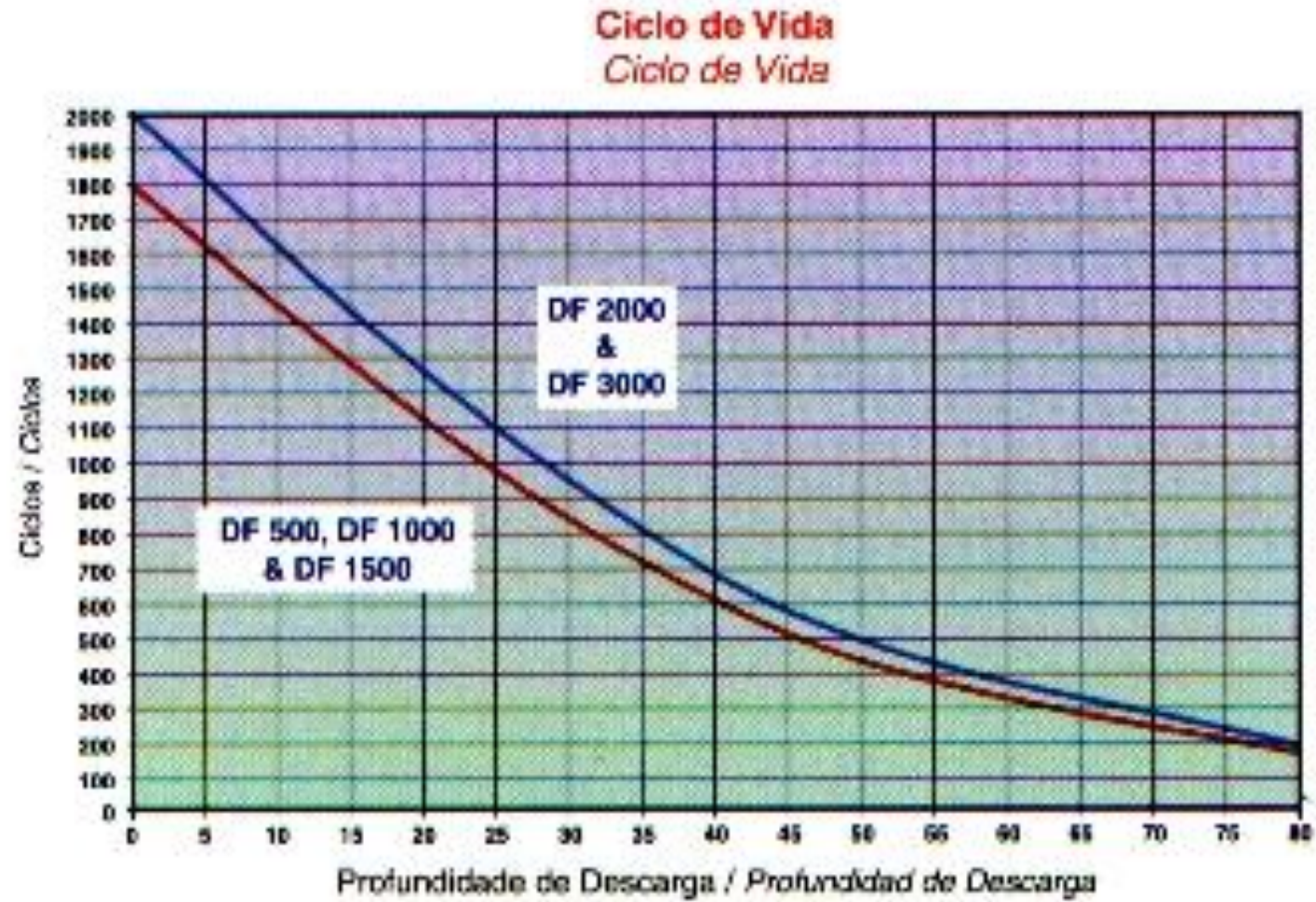
$$E [\text{Wh}] = 2400 \text{ Wh}$$



TIPO DE ELEMENTO	DESCARGA ATÉ 1,80 VPE	CAPACIDADE NOMINAL DE SCARGA ATÉ 1,75 VPE -25°C		
	C120	C20	C10	C8
MFV 100	150	110	100	96
MFV 150	225	165	150	144
MFV 200	300	220	200	192
MFV 250	375	275	250	240
MFV 300	450	330	300	288
MFV 350	525	425	350	335
MFV 490	735	595	490	469
MFV 800	1200	920	800	760

Números de ciclos a uma determinada profundidade de descarga



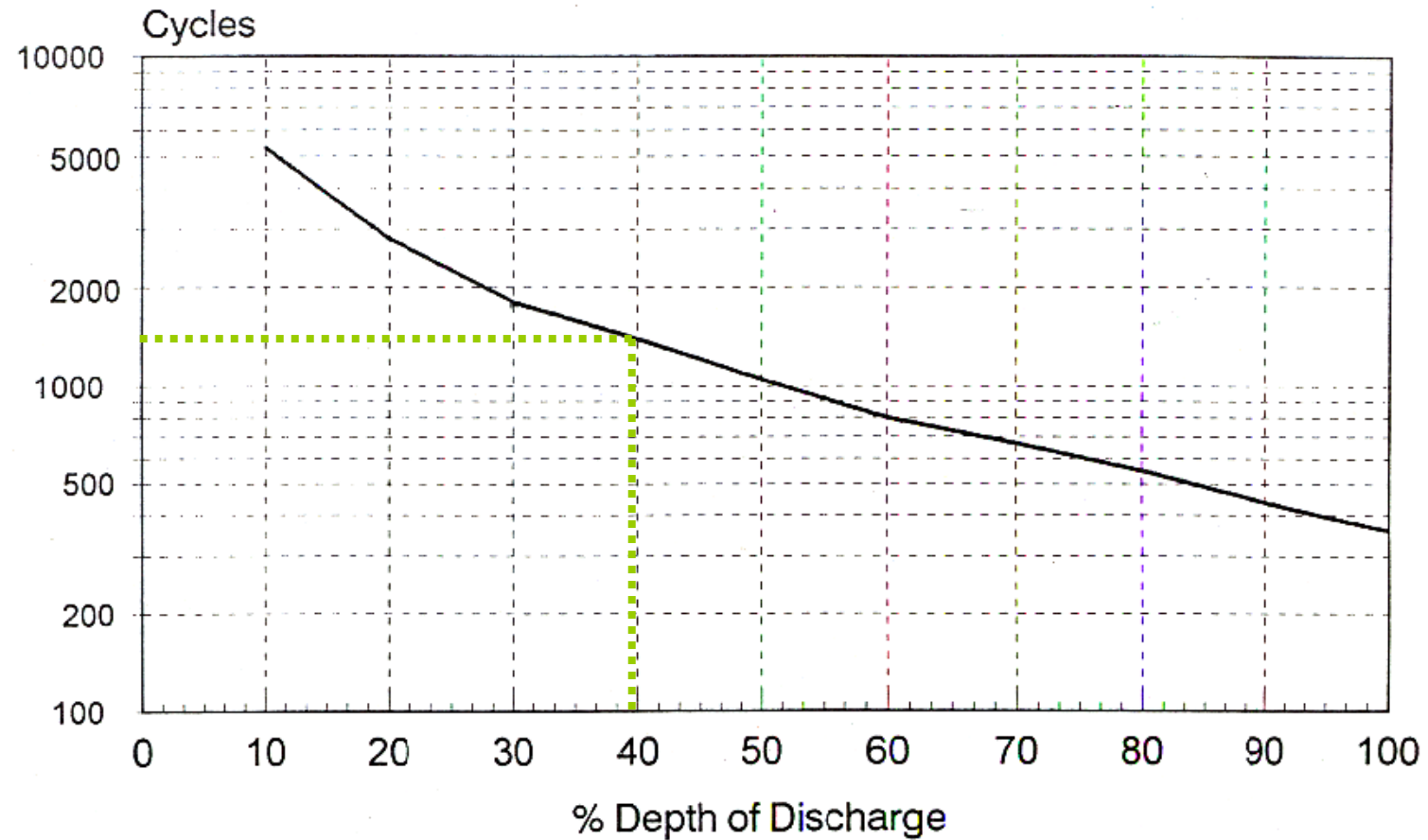


CONCORDE

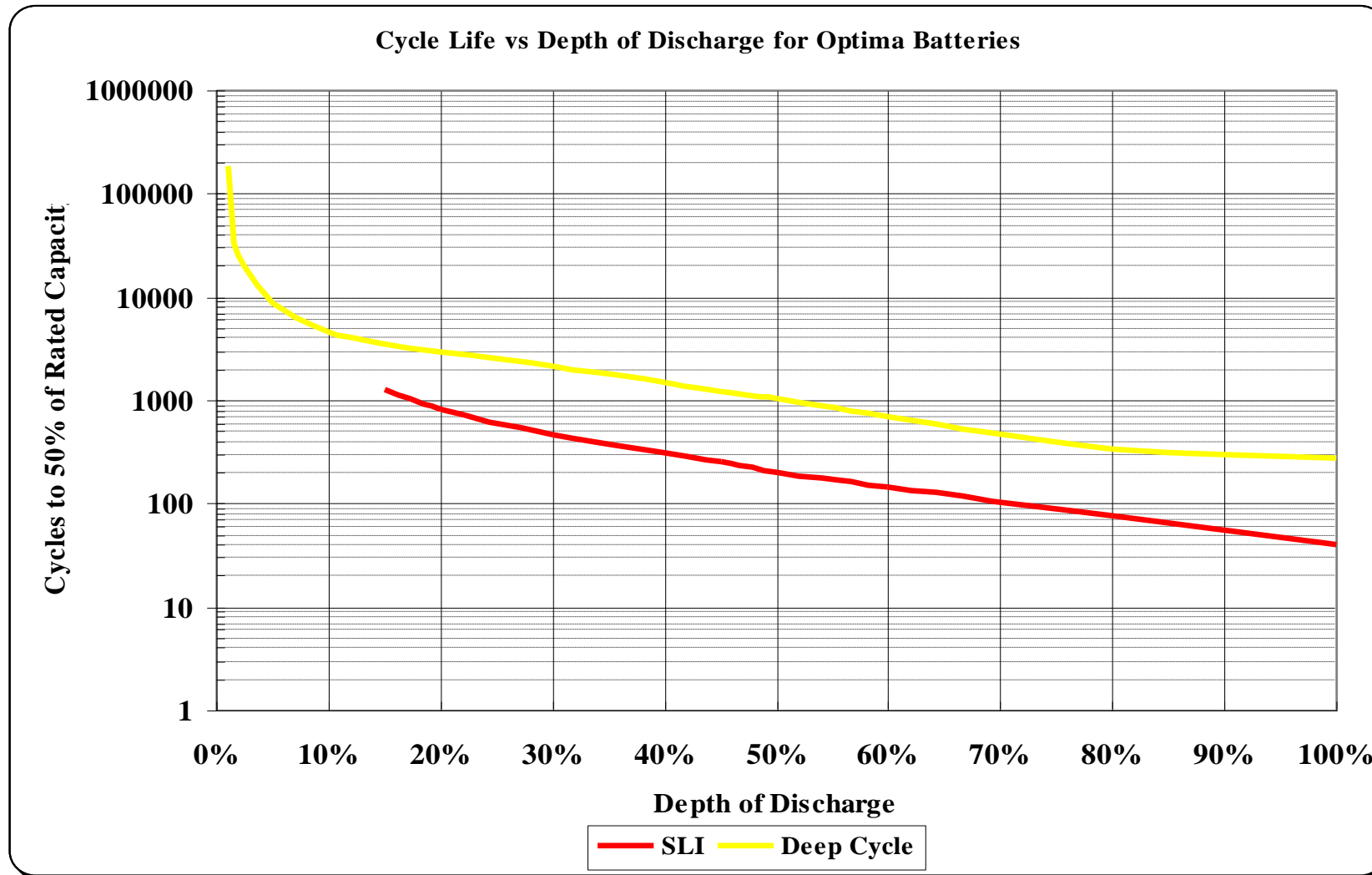
2009 San Bernardino Road
West Covina, CA 91790
T: 818-813-1234 / Fax: 818-338-3549

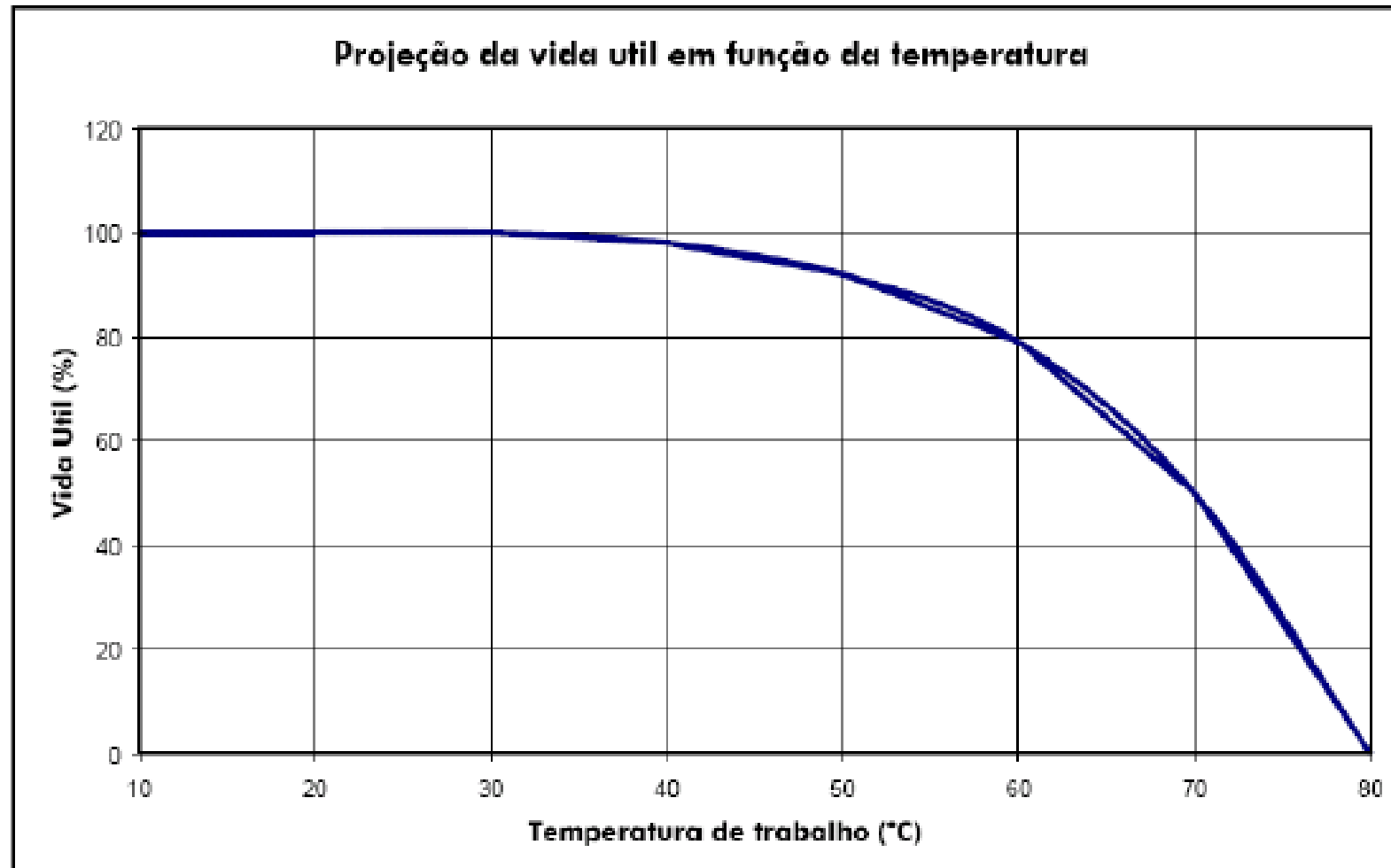
Expected Life Cycles

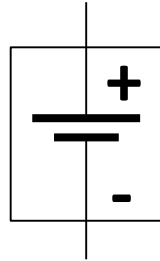
Sealed AGM Batteries



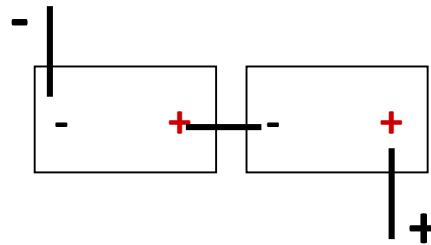
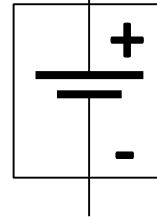
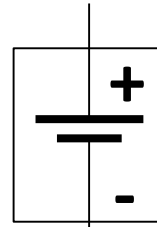
Maior Resistência a Ciclagem Profunda



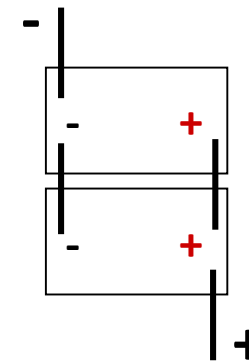
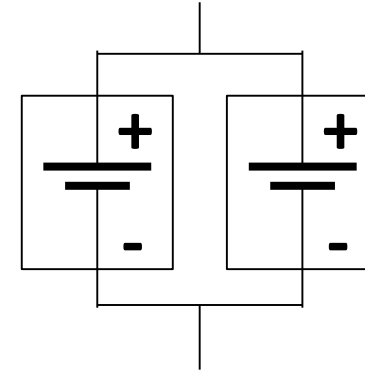




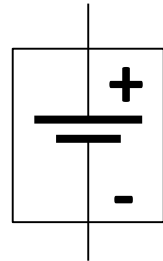
12 V, 100 Ah
1200 Wh



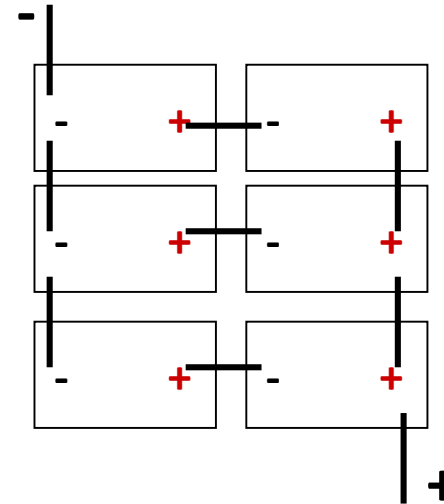
$V = 24 \text{ V}$
 $C = 100 \text{ Ah}$
 $E = 2400 \text{ Wh}$



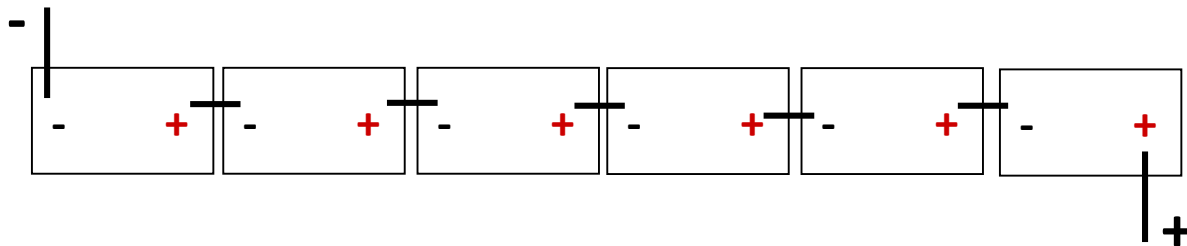
$V = 12 \text{ V}$
 $C = 200 \text{ Ah}$
 $E = 2400 \text{ Wh}$



12 V, 100 Ah
1200 Wh



$V = 24 \text{ V}$
 $C = 300 \text{ Ah}$
 $E = 7200 \text{ Wh}$



$V = 72 \text{ V}$
 $C = 100 \text{ Ah}$
 $E = 7200 \text{ Wh}$

RÓTULOS DAS BATERIAS DEVEM CONTER SIMBOLOGIA DE RECICLAGEM OBRIGATÓRIA

RECICLAGEM OBRIGATÓRIA

Devolva ao ponto de venda no ato da troca

Simbologia:



Evite: faíscas, chamas ou fumar próximo. Pode causar explosão.



Contato com os olhos ou pele: lave imediatamente em água corrente. Se ingerido: beba muita água e procure um médico urgente.



Corrosivo: ácido sulfúrico. Pode causar cegueira e queimaduras graves. Evite contato com as roupas. Não virar.



Mantenha fora do alcance das crianças.



Leia as instruções no Certificado de Garantia.



Proteja os olhos: gases explosivos podem causar cegueira ou ferimentos.



CHUMBO

O chumbo é uma substância tóxica que em contato com o meio ambiente tem um efeito bioacumulativo prejudicial para toda cadeia alimentar e, portanto, não deve ser colocado em contato direto com a natureza. O seu descarte é regulamentado pela Lei CONAMA que tem o objetivo de direcionar as baterias usadas a locais apropriados para tratamento do chumbo.



Reciclagem obrigatória. Devolva esta bateria ao revendedor no ato da troca. De acordo com a resolução da lei CONAMA, a bateria automotiva, quando substituída, deve ser recolhida pelo lojista e encaminhada a uma recicladora licenciada, que tratará de forma adequada os seus rejeitos tóxicos.

RECICLAGEM DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDO:

- Deve atender a resolução do Conama 257/99:

“A partir de **22/07/2000** todos os estabelecimentos que fabricam, distribuem ou comercializam baterias automotivas estão obrigados a receber baterias usadas de qualquer marca e todo o consumidor é obrigado a devolver sua bateria usada ao revendedor no ato da troca, percorrendo a cadeia de comercialização **revendedor - distribuidor - fabricante**. As baterias serão enviadas aos recicladores licenciados para recuperação do chumbo e do plástico.”

PENDURAR EM LUGAR VISÍVEL EM TODOS OS PONTOS DE VENDA

CONSUMIDOR

Você Também é Responsável Preserve o Meio Ambiente

Conforme Resolução 257/99 do CONAMA

- **TODO CONSUMIDOR/USUÁRIO FINAL É OBRIGADO A DEVOLVER SUA BATERIA USADA A UM PONTO DE VENDA. NÃO DESCARTE NO LIXO.**
- **OS PONTOS DE VENDA SÃO OBRIGADOS A ACEITAR A DEVOLUÇÃO DE SUA BATERIA USADA, BEM COMO ARMAZENÁ-LA EM LOCAL ADEQUADO E DEVOLVÊ-LA AO FABRICANTE PARA RECICLAGEM.**

Devolva sua bateria usada AQUI!



Riscos do contato com a solução ácida e com o Chumbo:

A solução ácida e o chumbo contidos na bateria se descartados na natureza de forma incorreta poderão contaminar o solo, o subsolo e as águas. O consumo de águas contaminadas pode causar hipertensão arterial, anemia, desânimo, fraqueza, dores na pernas e sonolência.

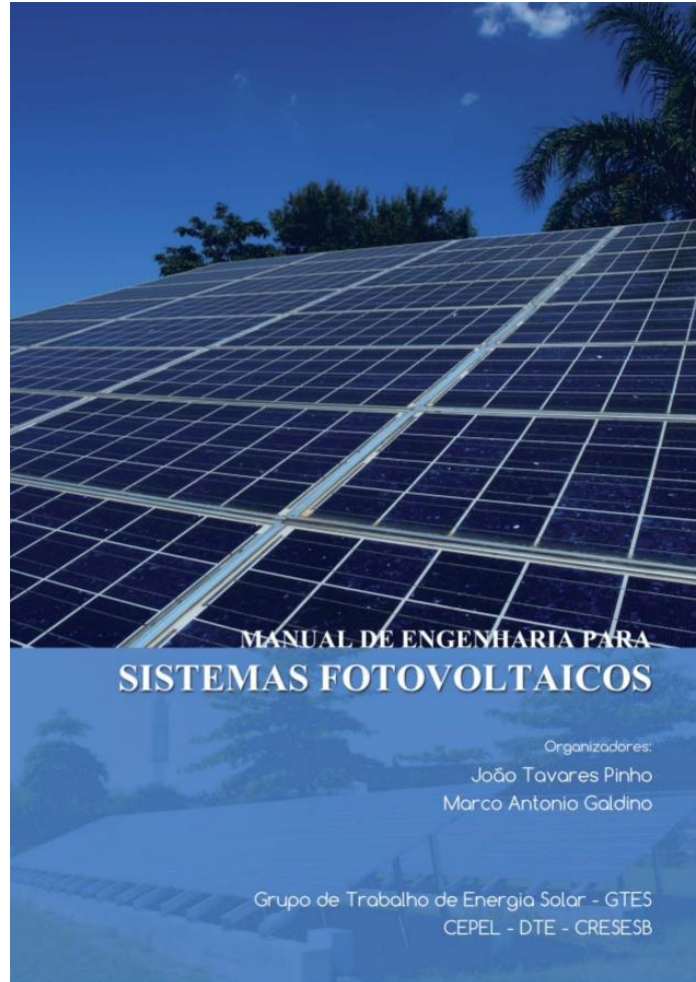
O contato da solução ácida com os olhos causa conjuntivite química e com a pele dermatite de contato. No caso de contato acidental com os olhos ou com a pele, lavar imediatamente com água corrente e procurar orientação médica.




O manuseio e/ou disposição inadequada de baterias veiculares usadas degrada o meio ambiente e pode ser prejudicial à sua saúde.

abinee Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
Informações adicionais consulte site www.abinee.org.br

Ler seção 4.3



4.3 – Baterias

4.3.1 – Terminologia

4.3.2 – Baterias recarregáveis

4.3.2.1 – Profundidade de descarga, número de ciclos e temperatura

4.3.2.2 – Técnica e modo de operação do controle de carga

4.3.2.3 – Manutenção periódica do estado de carga

4.3.3 – Baterias Chumbo-ácido

4.3.3.1 – Baterias abertas com liga de baixo-Antimônio nas placas positivas

4.3.3.2 – Baterias sem manutenção

4.3.3.3 – Baterias seladas

4.3.3.4 – Baterias estacionárias com placas tubulares (OPzS e OPzV)

4.3.3.5 – Efeito da temperatura

4.3.3.6 – Sulfatação

4.3.3.7 – Hidratação

4.3.3.8 – Sedimentação

4.3.3.9 – Água para baterias

4.3.4 – Baterias Níquel-Cádmio e Níquel-hidreto metálico

4.3.4.1 – Efeito da temperatura em baterias Ni-Cd

4.3.5 – Baterias Li-ion

4.3.6 – Características ideais para uso de baterias em sistemas fotovoltaicos isolados

4.3.7 – Transporte, descarte e reciclagem de baterias

4.3.8 – Salas de baterias